



**Miguel Ângelo
Teixeira Andrade**

**Medidas de apoio à bicicleta em interseções
rodoviárias**



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Civil
Ano 2017

**Miguel Ângelo
Teixeira Andrade**

Medidas de apoio à bicicleta em interseções rodoviárias

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e coorientação da Doutora Sandra Maria de Brito Monteiro de Melo, Investigadora do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa.

"This is the end,
Beautiful friend,
This is the end,
My only friend,
The end."

The end, The Doors, 1967.

O júri

Presidente

Prof^a. Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
Professora Associada do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Vogais

Prof^a. Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Começo por dar uma palavra aqueles que diariamente me acompanharam nesta batalha, entes queridos sem os quais não seria possível terminar esta etapa. Gostaria que ficasse registado o incansável apoio e suporte demonstrado pelo professor Joaquim Macedo, meu orientador e pela disponibilidade da Doutora Sandra Melo que coorientou a dissertação. À minha família, quaisquer palavras escolhidas não seriam justas para agradecer o sentimento. Aos amigos, pelas gargalhadas dia após dia na biblioteca, nas horas de almoço, com jantares, nas saídas, ..., em tudo. À entidade a quem chamo Deus, por estar presente na minha vida.

Special thanks for PTV GROUP and FHWA for making the software available.

palavras-chave

Bicicleta, Interseções Rodoviárias, Microssimulação De Tráfego, VISSIM, SSAM, Conflitos Rodoviários.

resumo

Em Portugal, a bicicleta ainda tem um papel discreto como modo de transporte diário. A falta de infraestrutura dedicada, aliada a uma elevada sinistralidade rodoviária, nomeadamente nas interseções, faz com que este modo não seja preferencial face ao transporte rodoviário.

A presente dissertação incide sobre as medidas de apoio à bicicleta que se podem aplicar nos diferentes tipos de interseções rodoviárias. São apresentadas diferentes soluções a implantar, resultantes de um trabalho de pesquisa em documentos oriundos de cinco países onde a bicicleta apresenta um papel relevante como modo de transporte (Holanda, Reino Unido, Irlanda, Estados Unidos da América e Dinamarca).

Com objetivo de estudar o impacto de algumas soluções na infraestrutura de apoio ao velocípede, sobretudo em interseções, foi elaborado um caso de estudo localizado na cidade de Aveiro. Para o efeito foi construído um modelo de microssimulação de tráfego utilizando para o efeito o simulador de microssimulação de tráfego VISSIM com o qual se procurou estudar o comportamento de um percurso durante a hora de ponta da manhã.

Foi escolhido o trajeto entre a Universidade de Aveiro (UA) e a Estação Ferroviária de Aveiro, tendo-se simulado 4 cenários diferentes (um base e três alternativos). O cenário base representa a infraestrutura existente, o cenário alternativo sem ciclovia pretende simular as condições da não existência de infraestrutura ciclável ao longo do percurso; o cenário com ciclovia pretende representar a existência de uma infraestrutura ciclável (ciclovias/vias cicláveis) e o cenário com ciclovia e ASL (Advanced Stop Line) pretende estudar o efeito de uma caixa de espera dedicada à bicicleta nas interseções semaforizadas. O cenário com ciclovia foi de entre os cenários testados aquele que no trajeto proposto permitiu a obtenção dos menores tempos de percurso. A existência de uma via ciclável permitiu melhorar o nível de serviço (LOS) nas interseções para os veículos ligeiros, pesados e bicicletas. No que diz respeito aos resultados obtidos sobre a análise de conflitos, a presença de vias cicláveis verificou um aumento do número total de conflitos, embora o número de conflitos de atravessamento tenha verificado uma diminuição.

A microssimulação realizada e apresentada na dissertação, com intuito de estudar medidas de apoio à bicicleta em interseções rodoviárias, demonstrou que a presença de vias cicláveis e de ciclovias não é prejudicial ao desempenho da rede onde estão inseridas, devendo-se assim alterar o panorama atual dos transportes e apostar mais nos transportes suaves.

keywords

Cycling, Road Intersections, Traffic Microsimulation, VISSIM, SSAM, Traffic conflicts.

abstract

The bicycle in Portugal has a discrete role as a daily mode of transportation. The lack of dedicated infrastructure associated with high number of accidents, especially at road intersections, makes this mode not preferential to individual road transport.

The present thesis focuses on bicycle support measures that can be applied to different types of road intersections. Different solutions to be implemented are presented, resulting from a research work on documents from five countries where the bicycle has a important role as a means of transport (Netherlands, United Kingdom, Ireland, United States of America and Denmark).

In order to carry out a case study in the city of Aveiro, it was necessary to carry out traffic counts (light duty, heavy, bicycles) at intersections in order to carry out a microsimulation of traffic at peak hour in the morning.

The route was chosen between the UA and the Railway Station, simulating four different scenarios (base line and three alternative). The baseline scenario represents the existing infrastructure, the alternative scenario without a bicycle path is intended to simulate the conditions of non-existence of cycling infrastructure along the route; The cycling scenario is intended to represent the existence of a cycling infrastructure (cycle paths / cycling routes) and the scenario with cycle path and ASL (Advanced Stop Line) intends to study the effect of a dedicated bicycle waiting box at the traffic lights.

The scenario with a bicycle path was one of the scenarios tested, which in the proposed route allowed the lowest travel times to be obtained. The existence of a cycle route has enabled the level of service (LOS) at the intersections (for light duty vehicles, heavy duty vehicles and bicycles) to be improved. Regarding the results obtained on the analysis of conflicts, the presence of cycling routes allowed a reduction in the number of crossing conflicts, although it causes an increase in the total number of conflicts.

The microsimulation presented in the dissertation showed that the presence of cycling routes and bicycle paths is not detrimental to the performance of the network where they are inserted, thus changing the current transport perspective and more on active transport mods.

Índice

Índice	i
Índice de figuras.....	v
Índice de tabelas.....	ix
Lista de abreviaturas e acrónimos.....	xi
1. Introdução	3
1.1. Enquadramento	3
1.2. Objetivos e metodologia	5
1.3. Estrutura da dissertação.....	6
2. Fundamentação Teórica	9
2.1. Introdução	9
2.2. Princípios para a segurança sustentável	9
2.2.1. Funcionalidade.....	9
2.2.2. Homogeneidade	10
2.2.3. Legibilidade	10
2.2.4. Segurança Passiva.....	11
2.2.5. Consciência de si próprio.....	11
2.3. Requisitos principais de uma infraestrutura apelativa para a bicicleta	12
2.3.1. Segurança.....	12
2.3.2. Conforto	13
2.3.3. Coerência	14
2.3.4. Objetividade.....	14
2.3.5. Atratividade	15
2.4. Fatores influentes na segurança do velocípede	15
2.5. Cor do pavimento na zona de interseção.....	16
2.6. Código da Estrada – Alterações introduzidas pela Lei nº72/2013	17
2.7. Sinalização portuguesa dedicada à bicicleta	18
2.8. Exemplos de sinalização existente noutros países	21
2.8.1. Holanda.....	21
2.8.2. Reino Unido.....	21
2.8.3. Estados Unidos da América.....	22
2.9. Dados de sinistralidade rodoviária envolvendo ciclistas	25
2.10. Interseções Rodoviárias	30
2.10.1. Interseções Prioritárias.....	30
2.10.1.1. Ilha de refúgio	30
2.10.1.2. Tráfego misto	31

2.10.1.3. Raio de viragem	33
2.10.1.4. Altura do pavimento	33
2.10.1.5. Resumo	33
2.10.2. Interseções reguladas por sinais luminosos	34
2.10.2.1. Linha de paragem avançada (ASL)	36
2.10.2.2. Manobra de viragem à direita no sinal vermelho (RTOR)	37
2.10.2.3. Via exclusiva de viragem à direita	37
2.10.2.4. Manobra de viragem à esquerda em duas etapas	38
2.10.2.5. Caixa de espera “Manter à direita para virar à esquerda”	38
2.10.2.6. Via de viragem à direita partilhada	39
2.10.2.7. Tempo de espera e possibilidade de parar	40
2.10.3. Rotundas	42
2.11. Transformação do espaço rodoviário	47
2.12. Custos de implantação	50
3. Caso de estudo	55
3.1. Introdução	55
3.2. Hierarquização da rede viária da cidade de Aveiro	55
3.3. Caracterização da rede ciclovitária da cidade de Aveiro	60
3.3.1. Rede existente	60
3.3.2. Estado atual da infraestrutura ciclável	63
3.3.2.1. Avenida Doutor Lourenço Peixinho	63
3.3.2.2. Fórum Aveiro	65
3.3.2.3. Avenida Santa Joana/Avenida 5 de Outubro	66
3.3.2.4. Zona Este da cidade	68
3.3.2.5. Zona do Campus Universitário de Santiago	70
3.3.2.6. Zona Norte	73
3.3.3. Limitações da Rede Ciclovitária	74
3.4. Rede viária e rede ciclovitária	75
3.5. Propostas de percursos UA/Estação CP pela Universidade de Aveiro	79
3.6. Percorso escolhido para estudo	82
3.7. Tráfego na rede de estudo	87
3.8. Temporização dos sinais luminosos	89
3.9. Modelo de microsimulação VISSIM	95
3.9.1. Descrição do software	95
3.9.2. Construção do modelo	96
3.9.2.1. Dados geométricos	96
3.9.2.2. Tipologia das vias	96

3.9.2.3. Velocidade do tráfego	97
3.9.3. Codificação do modelo	99
3.9.4. Calibração e validação do modelo construído	100
3.10. Cenários de estudo	102
3.10.1. Cenário base.....	102
3.10.2. Cenário alternativo 1 – Sem ciclovias/vias cicláveis	104
3.10.3. Cenário alternativo 2 – Com ciclovias/vias cicláveis.....	104
3.10.4. Cenário alternativo 3 – Com ciclovias/vias cicláveis e ASL	105
3.11. Modelo SSAM	106
4. Apresentação e discussão de resultados	111
4.1. Introdução	111
4.2. Indicadores de desempenho	111
4.3. Tempos de percurso e velocidades médias	113
4.3.1. Veículos ligeiros	113
4.3.1.1. Percurso UA/Estação	113
4.3.1.2. Estação/UA	114
4.3.2. Bicicletas.....	116
4.3.2.1. Percurso UA/Estação	116
4.3.2.2. Percurso Estação/UA	117
4.3.3. Veículos Pesados	119
4.3.3.1. Percurso UA/Estação	119
4.3.3.2. Percurso Estação/UA	120
4.3.4. Conjunto de todos os veículos	122
4.3.4.1. Percurso UA/Estação	122
4.3.4.2. Percurso Estação/UA	124
4.4. Nível de serviço nas interseções	126
4.4.1. Veículos ligeiros	126
4.4.2. Bicicletas.....	127
4.4.3. Veículos pesados.....	128
4.4.4. Conjunto de todos os veículos	129
4.5. Atraso do tempo de viagem dos veículos.....	130
4.6. Atraso médio na paragem dos veículos.....	131
4.7. Número de paragens.....	132
4.7.1. Veículos ligeiros	132
4.7.2. Bicicletas.....	133
4.7.4. Conjunto de todos os veículos	134
4.8. Comprimento da fila de espera	135

4.9. SSAM.....	136
4.9.1. Resultados obtidos	136
4.9.2. Localização dos conflitos.....	138
5. Conclusões e trabalhos futuros.....	143
5.1. Conclusões	143
5.2. Trabalhos futuros.....	144
Referências bibliográficas.....	147
Anexos	153
Anexo A- Contagens de tráfego	155
Anexo B – Calibração do modelo construído.....	181
Anexo C – Calibração e Validação da rede utilizada	189
Anexo D – Tempos de percurso	193
Anexo E – Tempos de percurso e velocidades médias - Tabelas	209
Anexo F – Níveis de serviço nas interseções	227
Anexo G – Número de paragens médio.....	233
Anexo H – Atraso médio na paragem	239
Anexo I – Atraso teórico dos veículos.....	243
Anexo J – Comprimento da fila de espera.....	247

Índice de figuras

Figura 1-Consumo de energia MJ/passageiro*Km (Ciclando, 2013).....	3
Figura 2- Saída/Travessia de bicicletas (Decreto Regulamentar nº22,1998).....	18
Figura 3- a) Sinal C3g- trânsito proibido a velocípedes b) Sinal C4e – trânsito proibido a peões, animais e veículos que não sejam automóveis ou motociclos (Decreto Regulamentar nº22,1998).	19
Figura 4- a) Sinal D7a - pista obrigatória para velocípedes b) Sinal D7e - pista obrigatória para peões e velocípedes c) Sinal D7f - pista obrigatória para peões e velocípedes (Decreto Regulamentar nº22,1998).....	19
Figura 5- a) Sinal D13a - fim da pista obrigatória para velocípedes b) Sinal D13e - fim da pista obrigatória para peões e velocípedes c) Sinal D13f - fim da pista obrigatória para peões e velocípedes (Decreto Regulamentar nº22,1998).	20
Figura 6- Zona de coexistência (ANSR, 2014).....	20
Figura 7- a) e b) Exemplos de sinalização específica para velocípedes (CROW, 2007). .	21
Figura 8- a) e b) Exemplos de sinalização específica para velocípedes existente (Sustrains Handbook for cycling, 2014).	22
Figura 9- a), b) e c) - Exemplos de sinalização específica existente nos EUA (Urban Bikeway Design Guide, 2011).	22
Figura 10- a) e b) - Exemplo de cor de pavimento na interseção (Urban Bikeway Design Guide, 2011).	23
Figura 11- Sinalização referente a partilha da rua pelos vários utilizadores (Bicycle Policy & Design Guidelines, 2015).	23
Figura 12- a), b) e c) - Exemplos de sinalização que permite à bicicleta utilizar toda a faixa de rodagem (Bicycle Policy & Design Guidelines, 2015).	24
Figura 13- Exemplo de sinalização a colocar junto ao início de uma via exclusiva de viragem à direita (Bicycle Policy & Design Guidelines, 2015).....	24
Figura 14- Tipologia dos condutores intervenientes em acidentes rodoviários (ANSR, 2014).	25
Figura 15- Probabilidade de ferimento num acidente (ANSR, 2014).	25
Figura 16- Percentagem de ciclistas vítimas de acidentes mortais por país (ANSR, 2014).	26
Figura 17- Localização de acidentes com vítimas fatais em Portugal (ANSR, 2014).....	26
Figura 18- Localização de acidentes com feridos graves em Portugal (ANSR, 2014).....	27
Figura 19- Tipologia dos acidentes envolvendo bicicletas (ANSR, 2014).....	27
Figura 20- Local da via onde ocorrem acidentes com velocípedes (ANSR, 2014).....	27
Figura 21- Manobras resultantes em acidentes com velocípedes (ANSR, 2014).....	28
Figura 22- Comparação das manobras resultantes em acidentes entre velocípedes e outros veículos (ANSR, 2014).....	28
Figura 23- Tipologia das vítimas por distrito em Portugal (ANSR, 2014).....	29
Figura 24- Vítimas envolvidas em acidentes por género (ANSR, 2014).	29
Figura 25- Idade das vítimas de acidentes envolvendo velocípedes (ANSR, 2014).	29
Figura 26- Exemplo de ilha de refúgio (National Transport Authority, 2011).....	31
Figura 27- Exemplo de interseção com tráfego misto (National Transport Authority, 2011).	32
Figura 28- Exemplo de interseção envolvendo uma via ciclável (National Transport Authority, 2011).....	32
Figura 29- Adaptado de linha de paragem avançada. (NACTO, 2011).....	36
Figura 30- Exemplo de via exclusiva de viragem à direita (NACTO, 2011).	37
Figura 31- Exemplo de viragem à esquerda em duas etapas (Alta Planning + Design, 2008).	38

Figura 32- Caixa de espera para viragem à esquerda (NACTO, 2011).	39
Figura 33- Exemplo de via de viragem à direita partilhada (NACTO, 2011)	40
Figura 34- Exemplo de rotunda com tráfego misto (Daniels et al., 2009).....	44
Figura 35- Exemplo de rotunda com ciclovias no interior (Daniels et al., 2009).	44
Figura 36- Exemplo de rotunda com ciclovias separadas do tráfego motorizado (Daniels et al., 2009).	45
Figura 37- Exemplo de ciclovias separadas por grau (Daniel et al., 2009).	45
Figura 38- Transformação da faixa de rodagem (Adaptado de Sustrains, 2014): a) antes b) depois da alteração proposta.	48
Figura 39- Transformação da faixa de rodagem (Adaptado de Sustrains, 2014): a) antes b) depois da alteração proposta.	48
Figura 40- Proposta de alteração da faixa de rodagem, com eliminação do estacionamento e construção de vias cicláveis (Adaptado de Sustrains, 2014).....	49
Figura 41- Proposta de eliminação de uma faixa de rodagem para criação de ciclovias segregadas e aumento da largura do passeio (Adaptado de Sustrains, 2014).	49
Figura 42- Redução do número de vias motorizadas para criação de uma via ciclável em cada sentido (Adaptado de Sustrains, 2014).	50
Figura 43- Principais nós de ligação da cidade de Aveiro (Adaptado de SMIGA, 2011). ..	56
Figura 44- Rua de Viseu (Retirado de Google Maps, 2017).	56
Figura 45- Rotunda do Hospital (Retirado de Google Maps, 2017).....	57
Figura 46- Avenida Doutor Lourenço Peixinho (Retirado de Google Maps, 2017).	58
Figura 47- Zona da Aveiro Expo (Retirado de Google Maps, 2011).	58
Figura 48- Zona centro da cidade de Aveiro (Retirado de Google Maps, 2017).....	59
Figura 49- Tipologia das vias na cidade de Aveiro (Adaptado de Google Maps, 2017)...	59
Figura 50- Zonamento da cidade de Aveiro (Adaptado de Google Maps, 2017).....	63
Figura 51- Travessia para velocípedes na Av. Dr. Lourenço Peixinho (Google Street View, 2017).	64
Figura 52- Ciclovias presentes na Av. Dr. Lourenço Peixinho.	64
Figura 53- Exemplo de obstáculo presente na Av. Dr. Lourenço Peixinho (Fonte própria, 2017).	65
Figura 54- Ciclovias presentes no Fórum Aveiro.	66
Figura 55- Acesso à ciclovias existentes no Fórum Aveiro.....	66
Figura 56- Vista aérea da interseção existente no final da Av. Santa Joana (Google Maps, 2017).	67
Figura 57- Via ciclável presente na rotunda da Sé.	67
Figura 58- Via ciclável presente na Av. 5 de Outubro.	68
Figura 59- Travessia para peões e velocípedes existente na Rua Cerâmica do Vouga (Adaptado de Google Maps, 2017).....	69
Figura 60- Ciclovias presentes junto ao Departamento de Materiais.	70
Figura 61- Dispositivo de emergência existente na ciclovias junto ao CIFOP.	71
Figura 62- Degradação existente na ciclovias junto ao Departamento de Comunicação e Arte.	71
Figura 63- Degradação existente no pavimento da ciclovias junto ao Departamento de Comunicação e Arte.....	72
Figura 64- a) e b) - Estacionamento indevido ao longo da ciclovias existentes na Rua da Pega.....	72
Figura 65- a) e b) - Infraestrutura dedicada ao velocípede presente na rotunda do Hospital.	73
Figura 66- Localização da infraestrutura dedicada ao velocípede cruzada com a distribuição hierárquica (Adaptado de SMIGA, 2016).....	76

Figura 67- Nível de stress do ciclista (Câmara Municipal de Aveiro, 2012).	77
Figura 68- Adequação da via à circulação de velocípedes (Câmara Municipal de Aveiro, 2012).	77
Figura 69- Nível de stress presente na rede viária (Câmara Municipal de Aveiro, 2012).	78
Figura 70- Percursos apresentados pela UA (UA, 2016).	79
Figura 71- Percurso escolhido para o caso de estudo (Adaptado de Google Maps, 2017).	83
Figura 72- Interseções estudadas ao longo do percurso (Adaptado de SMIGA, 2017).	84
Figura 73- Interseções existentes no percurso escolhido (Adaptado de SMIGA, 2017). ..	85
Figura 74- Infraestrutura dedicada ao velocípede presente no percurso escolhido (Adaptado de SMIGA, 2011).	86
Figura 75- Distribuição horária das viagens realizadas no interior do conselho de Aveiro (Câmara Municipal de Aveiro, 2012).	88
Figura 76- Diagrama de fases da interseção 3 (PTV Group, 2016).	90
Figura 77- Diagrama de fases existente na interseção 12 (PTV Group, 2016).	91
Figura 78- Diagrama de fases da interseção 13 (PTV Group, 2016).	92
Figura 79- Diagrama de fases da interseção 14 (PTV Group, 2016).	93
Figura 80- Diagrama de fases existente na interseção 15 (PTV Group, 2016).	94
Figura 81- Exemplo de via introduzida no simulador.	96
Figura 82- Distribuição de velocidades da bicicleta – a) Em recta ; b) Em curva (Oliveira, 2015).	98
Figura 83- Distribuição da aceleração para o veículo ligeiro: a) Desaceleração b) Aceleração (PTV Group, 2016).	99
Figura 84- Processo de construção de um modelo de simulação (Adaptado de Vilarinho, 2008).	101
Figura 85- Parâmetro GEH (Adaptado de Vilarinho, 2008).	102
Figura 86- Interseção 3 representada no programa VISSIM (PTV Group, 2016).	103
Figura 87- Interseção 3 no cenário alternativo 1 (PTV Group, 2016).	104
Figura 88- Interseção 3 no cenário alternativo 2 (PTV Group, 2016).	105
Figura 89- Interseção 3 no cenário alternativo 3 (PTV Group, 2016).	105
Figura 90- Diagrama dos ângulos de conflito utilizados pelo SSAM para classificação (FHWA, 2017).	107
Figura 91- Velocidade média do percurso UA/Estação para os veículos ligeiros.	114
Figura 92- Velocidade média no percurso Estação/UA para os veículos ligeiros.	115
Figura 93- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação para as bicicletas. .	117
Figura 94- Velocidade média praticada no percurso Estação/UA para a bicicleta.	118
Figura 95- Velocidade média de percurso para UA/Estação para os veículos pesados. .	120
Figura 96- Velocidade média praticada no percurso Estação/UA para os veículos pesados.	121
Figura 97- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação para o conjunto de todos os veículos.	123
Figura 98- Velocidade média praticada no percurso Estação/UA para o conjunto de todos os veículos.	125
Figura 99- Principais zonas de conflitos no cenário base.	138
Figura 100- Principais zonas de conflito no cenário sem ciclovias.	138
Figura 101- Principais locais de conflitos no cenário com ciclovias.	139
Figura 102- Principais locais de conflitos existentes no cenário com ciclovias e ASL. ...	139
Figura 103- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação para os veículos ligeiros.	195
Figura 104- Velocidades médias praticadas no percurso Estação/UA pelos veículos.	196

Figura 105- Velocidades médias praticadas em cada troço do percurso UA/Estação para as bicicletas.	198
Figura 106- Velocidades médias praticadas no percurso Estação/UA para a bicicleta nos diferentes troços.	200
Figura 107- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação pelos veículos pesados.	201
Figura 108- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação para o conjunto de todos os veículos.	203
Figura 109- Velocidades médias praticadas no percurso Estação/UA para o conjunto de todos os veículos.	205

Índice de tabelas

Tabela 1- Medidas promotoras da bicicleta em interseções semaforizadas (Adaptado de CROW, 2007).	41
Tabela 2- Valores referentes aos custos de implantação de medidas de apoio à bicicleta (Adaptado de UNC Highway Safety Research Center, 2013).	51
Tabela 3- Classificação das interseções ao longo do percurso.	83
Tabela 4- Resumo da tipologia das interseções.	85
Tabela 5- Classificação hierárquica e infraestrutura presente nas ruas do percurso.....	86
Tabela 6- Infraestrutura para velocípedes presente no percurso escolhido.	87
Tabela 7- Interseções reguladas por sinais luminosos presentes no percurso escolhido. ..	89
Tabela 8- Temporização do sinal luminoso da interseção 3.	89
Tabela 9- Temporização do sinal luminoso da interseção 12.	91
Tabela 10- Temporização do sinal luminoso da interseção 13.	92
Tabela 11- Temporização do sinal luminoso presente na interseção 14.	93
Tabela 12- Temporização do sinal luminoso presente na interseção 15.	94
Tabela 13- Composição do tráfego presente no modelo de microssimulação.	97
Tabela 14- Distribuição respeitante ao perfil bicicleta reta (Oliveira, 2015).	98
Tabela 15- Distribuição respeitante ao perfil bicicleta curva (Oliveira, 2015).	99
Tabela 16- Níveis de serviço para interseções reguladas por sinais luminosos (Adaptado de Transportation Research Board, 2010).	112
Tabela 17- Níveis de serviço para interseções prioritárias (Adaptado de Transportation Research Board, 2010).	113
Tabela 18- Percurso UA/Estação para os veículos ligeiros.	113
Tabela 19- Percurso Estação/UA para os veículos ligeiros.	114
Tabela 20- Tempo de viagem para o percurso UA/Estação para as bicicletas.	116
Tabela 21- Tempo de percurso Estação/UA para a bicicleta.	117
Tabela 22- Tempos de percurso UA/Estação para os veículos pesados.	119
Tabela 23- Tempo de percurso Estação/UA para os veículos pesados.	120
Tabela 24- Percurso UA/Estação para o conjunto de todos os veículos.	122
Tabela 25- Percurso Estação/UA para o conjunto de todos os veículos.	124
Tabela 26- Nível de serviço nos diferentes cenários para os veículos ligeiros.	126
Tabela 27- Nível de serviço nos diferentes cenários para a bicicleta.	127
Tabela 28- Níveis de serviço dos diferentes cenários para os veículos pesados.	128
Tabela 29- Nível de serviço nos diferentes cenários para o conjunto de todos os veículos.	129
Tabela 30- Atraso dos veículos ligeiros nos diferentes cenários.	130
Tabela 31- Atraso para o conjunto de todos os veículos nos diferentes cenários.	130
Tabela 32- Atraso médio na paragem para os veículos ligeiros.	131
Tabela 33- Atraso médio na paragem para o conjunto de todos os veículos.	131
Tabela 34- Número de paragens médio para os veículos ligeiros.	132
Tabela 35- Número de paragens médio para as bicicletas.	133
Tabela 36- Número de paragens médio para os veículos pesados.	133
Tabela 37- Número de paragens médio para o conjunto de todos os veículos.	134
Tabela 38- Comprimento da fila de espera máxima.	135
Tabela 39- Tipologia dos conflitos com base no programa SSAM.	136

Lista de abreviaturas e acrónimos

- ASL – Advanced Stop Line;
- A25 – Autoestrada 25;
- CIFOP – Centro Integrado de Formação de Professores;
- DCI – Diâmetro do Circulo Inscrito;
- EN109 – Estrada Nacional 109;
- EN235 – Estrada Nacional 235;
- FHWA – Federal Highway Administration;
- GEH – Geoffrey E. Havers;
- HCM 2010 – Highway Capacity Manual 2010;
- IC2 – Itinerário Complementar 2;
- NACTO – National Association of City Transportation Officials;
- NASA – Natinal Aeronautics and Space Administration;
- PET – Post-encroachment time;
- PMA – Plano de Mobilidade da Cidade de Aveiro;
- RTOR – Right Turn on Red;
- SSAM – Surrogate Safety Assessment Model;
- TTC – Time to collision;
- UA – Universidade de Aveiro;
- UE – União Europeia.

Capítulo 1 - Introdução

1. Introdução

1.1. Enquadramento

O sector dos transportes é um dos principais sectores responsáveis pelo aumento das emissões de poluentes atmosféricos e pela produção de ruído (Ciclando, 2013). O consumo energético do sector dos transportes em Portugal representava em 2016 cerca de 40,9% do consumo final de energia do País (Comissão Europeia, 2016).

Os modos de transporte mais eficientes são a bicicleta e o pedonal, seguindo-se o comboio, o metro e o autocarro. O automóvel está nas posições menos eficientes, consumindo mais energia por passageiro/km do que os modos suaves ou os transportes públicos (Ciclando, 2013), como se verifica pela análise da Figura 1.

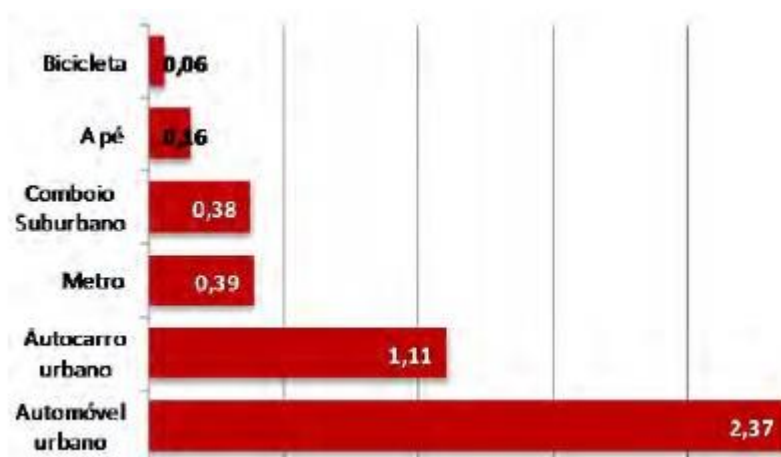


Figura 1-Consumo de energia MJ/passageiro*Km (Ciclando, 2013).

Os benefícios da utilização da bicicleta são vários e estão ligados à qualidade de vida, qualidade do ambiente e às economias geradas a longo prazo, das quais se destacam a redução dos congestionamentos, a economia de espaço e uma menor degradação do património histórico (Comissão Europeia, 2000).

As melhorias técnicas tornaram as bicicletas modernas e mais cómodas. Ao ser um modo de transporte não poluente, silencioso, económico, discreto e acessível a todos os membros da família, a bicicleta pode ser tão competitiva como o automóvel em trajetos urbanos curtos até 5 quilómetros. A Comissão Europeia publicou em 2000 uma estatística onde informa que 30% dos trajetos efetuados em automóvel cobrem distâncias inferiores a 3 km, e 50% são inferiores a 5 km. Neste intervalo, a bicicleta pode substituir com vantagem o

automóvel no que diz respeito a uma parte importante da procura, contribuindo deste modo diretamente para a diminuição dos congestionamentos (Comissão Europeia, 2000).

A razão que mais contribui para a não utilização da bicicleta como modo de transporte resulta da insegurança oferecida pela infraestrutura, nomeadamente a falta de ciclovias ou a falta de sistemas de acalmia de tráfego, que promovam a compatibilização da utilização de espaços urbanos pelos diferentes utilizadores (Silva, 2012).

Quando foi criada a bicicleta no final do século XIX, planear e executar infraestruturas para a bicicleta não era um problema. A infraestrutura já se encontrava construída sob a forma de estradas principais, caminhos de carroças, diques e rotas para o tráfego de baixa velocidade, e essa infraestrutura pode ter sido melhor do que a que existe atualmente. A invenção do automóvel mudou drasticamente a situação. Em termos absolutos, nos primeiros anos o número de automóveis era insignificante embora tenha anunciado uma enorme mudança na rede viária. As diferentes velocidades e massa dos veículos de repente tornaram-se evidentes, o que conduziu a um dramático aumento no número de acidentes (CROW, 2007).

Sem pôr em causa os benefícios associados à bicicleta importa, contudo, não descurar os aspetos que se prendem com a segurança rodoviária, de modo a evitar que um aumento da sua utilização, enquanto modo de transporte, seja acompanhado por um aumento da sinistralidade rodoviária (ANSR, 2014).

Acresce que os condutores e passageiros de velocípedes fazem parte do conjunto de utentes que, devido a uma série de particularidades, algumas relacionadas com características do próprio veículo, são considerados vulneráveis requerendo, por conseguinte, uma atenção especial por parte das entidades com responsabilidades nesta área, bem como dos condutores dos outros veículos (ANSR, 2014).

As interseções são o principal local de confluência de diferentes fluxos de tráfego, originando desta forma uma maior propensão para a existência de conflitos e de acidentes (Ribeiro *et al.*, 2011). O projeto de conceção de uma interseção deve ser concebido de forma a se encontrar um equilíbrio entre a sua localização e a funcionalidade em termos de movimentos. O projeto deverá abranger em detalhe questões relacionadas com prioridade de tráfego, procura, disposição dos sinais, marcações e passeios, e ao mesmo tempo a forma como as propriedades e os edifícios estão relacionados (Department of Transport, 2007).

O espaçamento das interseções deve ser determinado pelo tipo e pelo tamanho do quarteirão apropriado para o desenvolvimento. O tamanho do quarteirão deve ser baseado na necessidade de permeabilidade. Quanto menor for o quarteirão maior será o número de interseções. Assim, existe uma melhoria na permeabilidade para peões e ciclistas, e o impacto do tráfego motorizado é disperso por uma área maior (*Department of Transport*, 2007).

Devido às fragilidades apresentadas pela bicicleta, torna-se assim necessário tomar medidas que salvaguadem a sua presença e segurança numa interseção.

1.2. Objetivos e metodologia

A presente dissertação incide sobre as medidas de apoio à bicicleta nas diferentes interseções rodoviárias existentes, com especial enfoque para aquelas que são mais comuns em Portugal. Para tal objetivo ser realizável, torna-se necessária a identificação dos diferentes fatores de risco, sendo assim essencial estudar o comportamento dos utilizadores rodoviários.

Como segundo objetivo da dissertação, pretende-se que as medidas de apoio à bicicleta mantenham o desempenho da interseção, ou se possível melhorem o mesmo.

Foi proposto como caso de estudo o trajeto entre a Universidade de Aveiro e a Estação Ferroviária, tendo-se recorrido ao software de microsimulação de tráfego VISSIM para proceder à sua modelação com vista a estudar os diferentes cenários e soluções. Assim, de forma a que seja possível dar resposta aos objetivos propostos, recorreu-se à seguinte metodologia de trabalho:

- Levantamento da rede viária e ciclovária existente na cidade de Aveiro, dando especial ênfase ao trajeto entre a Universidade de Aveiro e a Estação Ferroviária;
- Realização de contagens manuais de veículos ligeiros, pesados e de bicicletas nas interseções existentes ao longo do percurso escolhido;
- Criação do modelo de microsimulação e definição do cenário existente e de cenários alternativos;
- Análise dos resultados obtidos por microsimulação.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação contempla cinco grandes capítulos.

O primeiro capítulo visa enquadrar o leitor com o tema sobre o qual se pretende desenvolver o estudo em causa, assim como os objetivos da dissertação e a metodologia utilizada.

O segundo capítulo apresenta os fundamentos teóricos necessários para uma melhor compreensão do tema. Como tal, são apresentados os princípios para a segurança sustentável, os requisitos de uma infraestrutura amigável da bicicleta, assim como os fatores influentes na segurança do velocípede. Neste capítulo enquadra-se a bicicleta no contexto português através da legislação e da sinalização existente, bem como dados estatísticos referentes à sinistralidade envolvendo a bicicleta. Por fim são apresentadas as diferentes soluções para melhoria da segurança da bicicleta em interseções rodoviárias, estando sempre que possível acompanhadas de um exemplo ilustrativo.

No terceiro capítulo é apresentada a proposta de estudo sobre a qual se pretende efetuar a microsimulação de tráfego. São apresentados os dados iniciais necessários para a construção do modelo, bem como propostas sugeridas por outras entidades. No final do capítulo apresentam-se os diferentes cenários a simular.

O quarto capítulo visa a apresentação e discussão dos resultados obtidos através das simulações, sendo os resultados referentes a veículos ligeiros, bicicletas, veículos pesados e ao conjunto de todos os veículos, nível de serviço nas interseções existente ao longo do percurso, atraso dos veículos, número de paragens, comprimento das filas de espera e análise de conflitos através do software SSAM.

O quinto capítulo refere-se às conclusões e trabalhos futuros.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

2. Fundamentação Teórica

2.1. Introdução

Neste capítulo apresentam-se uma compilação de diferentes soluções aplicáveis nas diferentes interseções rodoviárias, com intuito de dar relevância à bicicleta. As propostas apresentadas têm como base um trabalho de pesquisa realizado na bibliografia especializada no assunto de países onde a bicicleta tem um papel importante e consolidado nas deslocações diárias, como é o exemplo dos Estados Unidos da América, Reino Unido, Irlanda, Holanda e Dinamarca.

2.2. Princípios para a segurança sustentável

Nos sistemas de transportes, a bicicleta é considerada um meio de transporte vulnerável nos termos da segurança. Como tal, a segurança é o ponto-chave para o projeto de qualquer infraestrutura dedicada a este veículo. O projetista deve assim assegurar que os princípios para a segurança sustentável são aplicados corretamente (*National Transport Authority*, 2011).

Os princípios da segurança sustentável foram introduzidos na Holanda na década de 1990. Estes, devem servir de suporte para todos os projetos, princípios esses que serviram de base para que a Holanda conseguisse atingir os patamares de topo em termos de segurança na estrada (*National Transport Authority*, 2011).

Os princípios a considerar são (*National Transport Authority*, 2011):

- Funcionalidade;
- Homogeneidade;
- Legibilidade;
- Segurança Passiva;
- Consciência de si próprio.

2.2.1. Funcionalidade

Este princípio refere que o *design* mais seguro é o mais adequado. Os espaços urbanos, as ruas e as estradas são sempre espaços multifuncionais. As funções estão relacionadas com o movimento e com o local. É importante para o projetista perceber e acomodar as funções

aplicáveis ao projeto em particular. O mesmo deve ter em conta que as funções podem variar ao longo do dia ou da semana (*National Transport Authority*, 2011).

2.2.2. Homogeneidade

O princípio da homogeneidade estabelece que ao se reduzir as velocidades, a massa e as diferenças de direção nos diferentes utilizadores da via, aumenta-se a segurança. Tal tem um impacto positivo ao nível da frequência e da gravidade dos acidentes. Quando as velocidades, as massas ou direções não são homogêneas, poderá ser necessário separar os diferentes utilizadores da estrada.

Um ciclista tem uma velocidade relativa de viagem que pode variar entre os 15 e os 20 km/h, o que vem reforçar a necessidade de o projetista tomar medidas caso a velocidade do tráfego motorizado exceda os 50 km/h.

As bicicletas não devem ser posicionadas ao lado de veículos de grandes dimensões. Os problemas mais comuns na mudança de direção são a manobra de viragem à direita por parte de um veículo motorizado ou o cruzar entre ciclistas se se estiver numa pista de ciclistas. Uma vez que esses movimentos não podem ser impedidos, devem ser acomodados de forma controlada, de forma legível e a baixa velocidade (*National Transport Authority*, 2011).

2.2.3. Legibilidade

O princípio da legibilidade indica que todos os utilizadores devem compreender qual é o ambiente mais seguro. Um bom design será autoevidente, auto explicável e de auto execução. A legibilidade é necessária quer se esteja em ambiente de tráfego misto ou segregado. Um ambiente legível é tal que (*National Transport Authority*, 2011):

- Todos os potenciais conflitos são óbvios e a resolução dos mesmos é compreendida mutuamente por todos os utilizadores da estrada;
- Todos os utilizadores da estrada sabem onde se devem posicionar;
- Todos os utilizadores da estrada estão instintivamente conscientes da posição e do comportamento dos outros utilizadores;
- Os potenciais perigos podem ser identificados antecipadamente;
- Os utilizadores da estrada podem comunicar mutualmente;

- Os diferentes utilizadores da estrada conseguem compreender o percurso que têm de fazer.

2.2.4. Segurança Passiva

O princípio da segurança passiva indica que um ambiente que conduza a acidentes nos quais resulte danos menos graves é um ambiente mais seguro. Desta forma, deve-se atender em particular aos seguintes aspetos (*National Transport Authority*, 2011):

- Quedas – Se um ciclista perder o equilíbrio ou cair, o tráfego motorizado deve ter tempo suficiente para conseguir parar em segurança;
- Espaços livres – As zonas sem tráfego podem ser utilizadas para espaços livres;
- Quedas de interseção – Colocar as ciclovias com grande inclinação longe do tráfego motorizado;
- Perigos físicos – Devem-se remover as barreiras físicas de proteção, objetos colocados na estrada, ravinas, etc;
- Iluminação – o local por onde circulam os ciclistas deve estar bem iluminado.

2.2.5. Consciência de si próprio

Este princípio indica que todos os ciclistas devem ter noção das suas aptidões e limitações, para que possam encontrar um ambiente em que se sintam seguros. Devem ser aplicadas as seguintes medidas (*National Transport Authority*, 2011):

- Oferecer um bom nível de serviço aos locais onde os ciclistas têm menor experiência ou são mais limitados, como são as escolas ou as rotas turísticas;
- Oferecer vias alternativas na vizinhança, combinadas com baixos volumes de tráfego;
- Dispor sinalização e informação específica;
- Oferecer treino aos utilizadores menos experientes.

2.3. Requisitos principais de uma infraestrutura apelativa para a bicicleta

Os principais requisitos que uma infraestrutura deve apresentar de forma a garantir que as deslocações de bicicleta se realizam nas devidas condições são (CROW, 2007):

- Facilitar a perceção e ser capaz de conduzir paralelamente requer a necessidade de uma área de conforto e de atratividade;
- A otimização da capacidade mental e do espaço livre cria a necessidade do requisito conforto e segurança;
- A vulnerabilidade da bicicleta exige o cumprimento do requisito segurança;
- A necessidade de compreender a infraestrutura faz com que exista necessidade do requisito coerência.

Indica-se que num contexto geral, se o nível mínimo de um ou mais requisitos não for cumprido, a infraestrutura deve ser alterada. Desta forma, os requisitos para uma infraestrutura amiga da bicicleta são (CROW, 2007):

- Segurança
- Conforto
- Coerência
- Objetividade
- Atratividade

2.3.1. Segurança

O requisito principal segurança estabelece que a infraestrutura ciclável deve garantir segurança aos ciclistas e aos restantes utilizadores da via (CROW, 2007). Todas as redes cicláveis devem incluir medidas que garantam a segurança e que demonstrem ao ciclista a sua eficácia (National Transport Authority, 2011).

Os ciclistas são um elemento vulnerável porque quando partilham os mesmos espaços que o tráfego motorizado, existe a consequente diferença de massa e velocidade. Adicionalmente, o ciclista não beneficia de uma caixa externa para proteção ou de uma zona de amortecimento, o que aumenta a sua vulnerabilidade (CROW, 2007).

A importância do fator segurança fica demonstrada pelas estatísticas dos acidentes rodoviários. Nas vilas e nas cidades onde existe um grande número de interseções com grandes volumes de tráfego, acontece um maior número de acidentes envolvendo bicicletas

do que em ambientes urbanos onde as interseções têm um menor volume de tráfego (*CROW*, 2007).

Desta forma devem ser consideradas as seguintes indicações (*CROW*, 2007):

- A viagem deve ser o mais curta possível;
- Sempre que possível deve combinar-se o percurso mais curto e rápido;
- Devem-se evitar as situações em que o ciclista tem de procurar o caminho a seguir;
- Evitar conflitos com o tráfego de contra-fluxo;
- Evitar os conflitos resultantes do tráfego de cruzamento;
- Separar os diferentes tipos de veículos, sempre que seja possível;
- Reduzir as velocidades praticadas nas zonas de conflito;
- Evitar obstáculos na zona lateral da via.

Os ciclistas são ainda mais vulneráveis nas situações de chuva ou nas viagens noturnas, uma vez que as condições de visibilidade não são as ideais, devendo os projetistas criar condições para uma boa visibilidade (*CROW*, 2007).

2.3.2. Conforto

A infraestrutura ciclável deve ser projetada, construída e mantida com as devidas condições de forma a facilitar a viagem e proporcionar conforto. Este fator é particularmente importante para os iniciantes, turistas e praticantes de viagens recreativas (*National Transport Authority*, 2011).

O desconforto resultante do excessivo exercício mental durante a viagem está relacionado com a segurança do ciclista (*CROW*, 2007). Qualquer situação que cause desconforto, atrasos ou que requeira um excessivo acréscimo de esforço resulta numa infraestrutura que facilmente deixa de ser utilizada.

De forma a melhorar as condições de conforto propõe-se as seguintes medidas (*National Transport Authority*, 2011):

- Aumentar a largura das vias, de forma a evitar conflitos com outros ciclistas;
- Garantir que as inclinações dos trainéis não são excessivas;
- Minimizar o número de obstruções/interseções que obrigam o ciclista a quebrar o ritmo;

- Assegurar que a superfície é suave e de forma contínua;
- Minimizar a exposição a condições meteorológicas desfavoráveis.

2.3.3. Coerência

A rede ciclável deve fornecer ligações que conectem os principais locais de chegada e de partida (CROW, 2007). As rotas utilizadas pelos ciclistas na rede ciclável devem ser lógicas e contínuas. Os sinais e as marcações devem ser visíveis e consistentes ao longo da rede (National Transport Authority, 2011).

Os elementos que têm um papel importante neste princípio incluem a facilidade de encontrar um caminho, consistência da qualidade da infraestrutura e liberdade de escolha do percurso a seguir (CROW, 2007).

2.3.4. Objetividade

Este requisito defende que um ciclista deve ter uma rota o mais direta possível para o seu destino, devendo evitar os desvios. Se uma viagem de automóvel for mais rápida do que de bicicleta, as pessoas preferem a utilização do automóvel (CROW, 2007).

Uma rede ciclável urbana deve oferecer como vantagem uma menor distância percorrida ou um tempo de viagem menor quando comparada com outros modos de transporte (National Transport Authority, 2011).

De forma a respeitar este requisito deve-se considerar (National Transport Authority, 2011):

- Oferecer uma permeabilidade filtrada (aumentar o número de atalhos nos quarteirões) de modo a oferecer atalhos aos ciclistas;
- Minimizar os tempos de espera nas interseções e nas travessias alterando os tempos dos sinais luminosos;
- No caso de se fazer um desvio deve ser mínimo de forma a manter a velocidade e evitar conflitos.

2.3.5. Atratividade

O ambiente proporcionado ao longo do percurso deve ser agradável e interessante. Estes fatores são particularmente importantes para iniciantes e turistas.

A exposição à monotonia e aos elementos não é atrativa para as deslocações de bicicletas, bem como percorrer locais onde possam existir animais selvagens ou ambientes com pouca manutenção (*National Transport Authority*, 2011).

Deve-se salientar que alguns aspetos podem ser considerados positivos por uma pessoa e negativos por outras (*CROW*, 2007).

2.4. Fatores influentes na segurança do velocípede

Quando se analisa a segurança dos velocípedes devem ser considerados vários fatores independentes. Em primeiro lugar, o fator demográfico, uma vez que pessoas de diferentes idades, género, estado socioeconómico necessitam de diferentes níveis de segurança. As condições de tráfego e os padrões de segurança devem ser adaptados aos utilizadores. A título de exemplo, uma criança que se dirige para a escola não interpreta a infraestrutura da mesma forma que um adulto (Ghekiere *et al.*, 2014; Timperio *et al.*, 2004).

O segundo fator que tem importância na segurança do ciclista é a envolvente da infraestrutura ciclável (Ewing & Dumbaugh, 2009). Isto inclui a infraestrutura e os fluxos de tráfego. O nível de segurança do design da infraestrutura depende não só dos utilizadores, mas também da velocidade de tráfego e da densidade (Vanparijs *et al.*, 2015).

O terceiro fator são as condições meteorológicas e de iluminação. As condições de tráfego e as condições de iluminação variam ao longo do dia, assim como a meteorologia. O último fator é o comportamento. Este fator analisa variáveis como o uso de capacete, velocidade da bicicleta, se o utilizador está a ouvir música ou a utilizar o telemóvel. Como os fatores interagem uns com os outros, ao efetuar uma análise da segurança de um fator deve-se incluir controlo sobre os outros fatores (Vanparijs *et al.*, 2015).

2.5. Cor do pavimento na zona de interseção

Segundo Vera-Villaroel *et al.* (2016), uma das medidas em que é possível intervir para melhorar as condições de segurança para os utilizadores da via passa por uma intervenção da cor na zona da interseção.

Diferentes países intervieram na cor do pavimento das vias cicláveis em interseções com elevado tráfego ou com taxas de acidentes elevadas, de forma a melhorar a segurança dos utilizadores, tendo igualmente como objetivo criar espaços urbanos esteticamente mais agradáveis, utilizando para tal objetivo as cores azul, vermelho, amarelo e verde.

O artigo em causa, refere ainda um estudo realizado em Melbourne na Austrália, avaliou o efeito da cor ocre utilizada nas marcações destinadas para bicicletas. A cor foi bem aceite, relatando-se que a sensação de segurança entre os ciclistas estudados aumentou, enquanto os condutores de veículos motorizados tiveram uma maior consciência da existência de ciclistas compartilhando a via.

De forma sumária, os trabalhos de investigação realizados na área têm reportado efeitos positivos nas taxas de acidentes, assim como na sensação de segurança transmitida e na coexistência quando se intervêm na cor do pavimento.

No seu artigo, Vera-Villaroel *et al.* (2016) concluem que a cor utilizada tem um papel mais importante do que o *design* escolhido. A cor aplicada na via destinada aos ciclistas tem um efeito positivo na perceção das pessoas.

No entanto, nem todas as cores têm o mesmo efeito. Das cinco cores (vermelha, amarela, azul, branca, branco em padrão xadrez) utilizadas no estudo, a cor vermelha foi a que maior confiança transmitiu, seguindo-se da cor amarela e azul. A cor branca foi a que obteve pior resultado, exceção feita quando a interseção está pintada em padrão de xadrez.

2.6. Código da Estrada – Alterações introduzidas pela Lei nº72/2013

Em Portugal, a Lei nº72/2013 de 3 de setembro, introduziu alterações ao código da estrada com vista a dar mais relevância ao ciclista. A necessidade de proteger os utentes da via pública mais frágeis levou à introdução do conceito de utilizador vulnerável, que abarca os peões e utilizadores de velocípedes (vulgo bicicleta), dando especial ênfase às crianças, idosos, grávidas, pessoas com mobilidade reduzida ou pessoas com deficiência. Os condutores de quaisquer veículos, incluindo velocípedes, devem ter particular atenção a estes utilizadores não podendo causar-lhes situações de insegurança e perigo (*(Alínea q) do artigo 1º e n.º 3 do artigo 11º do Código da Estrada*).

Desta forma, um velocípede é definido como o veículo com duas ou mais rodas, acionado pelo esforço do próprio condutor por meio de pedais ou dispositivos análogos (*nº1 do artigo 112 do Código da Estrada*).

Para efeitos do Código da Estrada, os velocípedes com motor, as trotinetas com motor, bem como os dispositivos de circulação com motor elétrico, autoequilibrados e automotores ou outros meios de circulação análogos com motor são equiparados a velocípedes (*N.ºs 1 e 3 do artigo 112º*).

Disposto na alínea bb) do artigo nº1, foi introduzido um conceito novo na legislação portuguesa, denominado de zonas de coexistência. Este é definido como “*uma zona da via pública especialmente concebida para a utilização partilhada de peões e veículos, na qual vigoram regras especiais de trânsito, devendo a zona ser sinalizada como tal.*”

Com as alterações introduzidas pela Lei nº72/2013, de 3 de setembro, os velocípedes deixam de estar obrigados a circular nas pistas que lhes são destinadas, podendo fazê-lo junto do restante trânsito se se considerar que esta seja uma alternativa mais vantajosa.

Os velocípedes passam a poder usar toda a faixa de rodagem dentro das localidades e para a execução de manobras, sendo aplicável ao velocípede o regime geral de cedência de passagem. Na ausência de sinalização, sempre que se apresente pela direita, os restantes condutores devem ceder-lhe passagem. Nas rotundas, os condutores de velocípedes podem ocupar a via de trânsito mais à direita, mesmo que não pretendam sair da rotunda na primeira via de saída, sem prejuízo do dever de facultar a saída aos condutores que pretendam sair da rotunda. O condutor de veículo a motor deverá ceder a passagem aos velocípedes que atravessem a faixa de rodagem nas passagens a eles destinadas.

O condutor de um veículo motorizado deve manter entre o seu veículo e um velocípede que transite na mesma faixa de rodagem uma distância lateral de pelo menos 1,5 m, para evitar acidentes (Nº3 do artigo nº18).

Para a realização da manobra de ultrapassagem, o condutor deve ocupar o lado da faixa de rodagem destinado à circulação em sentido contrário ou, se existir mais que uma via de trânsito no mesmo sentido, a via de trânsito à esquerda daquela em que circula o veículo ultrapassado (Nº3 do artigo nº38).

Os velocípedes passam a poder circular nas bermas, desde que não ponham em perigo ou perturbem os peões que nelas circulem e as crianças até aos 10 anos podem circular nos passeios, desde que não ponham em perigo ou perturbem os outros peões.

Os velocípedes podem circular paralelamente numa via, exceto em vias de reduzida visibilidade ou quando o trânsito é intenso e desde que não causem perigo ou embaraço ao trânsito. Se pedalarem em grupo, devem fazê-lo em fila indiana ou aos pares, não sendo possível a circulação em paralelo de mais de dois velocípedes (ANSR, 2014).

2.7. Sinalização portuguesa dedicada à bicicleta

A regulamentação atual sobre sinalização rodoviária entrou em vigor a 1 de outubro de 1998 através do Decreto Regulamentar nº22-A/98. A sinalização de trânsito compreende os sinais verticais, marcas rodoviárias, sinais luminosos, sinalização temporária, sinais dos agentes reguladores do trânsito e sinais dos condutores.

No que diz respeito aos velocípedes, consta no Artigo nº19 a informação sobre sinais de perigo, onde se destaca o sinal A17 (Figura 2) referindo-se à saída de ciclistas, indicando ao condutor que se aproxima de um local frequentemente utilizado por ciclistas para entrar na via pública ou atravessá-la.



Figura 2- Saída/Travessia de bicicletas (Decreto Regulamentar nº22,1998).

Disposto no Artigo nº24, o sinal C3g (Figura 3a) informa o ciclista da proibição de circular numa determinada via. De igual forma, o sinal C4e (Figura 3b) informa sobre a interdição a peões, animais, veículos de tração animal ou veículos que não tenham mais de 50 cm³ de cilindrada.

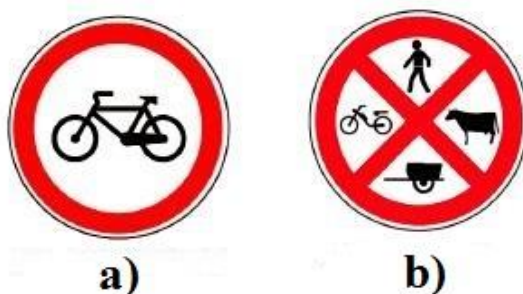


Figura 3- a) Sinal C3g- trânsito proibido a velocípedes b) Sinal C4e – trânsito proibido a peões, animais e veículos que não sejam automóveis ou motociclos (Decreto Regulamentar nº22,1998).

No conjunto de sinais de obrigação, destinados ao ciclista e dispostos no Artigo nº27, destaca-se o sinal D7a (Figura 4a) que informa o mesmo sobre a existência de uma pista destinada à sua circulação. Caso a pista se destine à utilização conjunta de velocípedes e de peões, deverá ser colocado o sinal D7e (Figura 4b) ou D7f (Figura 4c). De igual forma, mas com sentido contrário, o sinal D13a (Figura 5a) informa o fim da pista destinada a velocípedes; assim como o sinal D13e (Figura 5b) e/ou D13f (Figura 5c) informa o fim de uma pista destinada à circulação conjunta de velocípedes e peões.

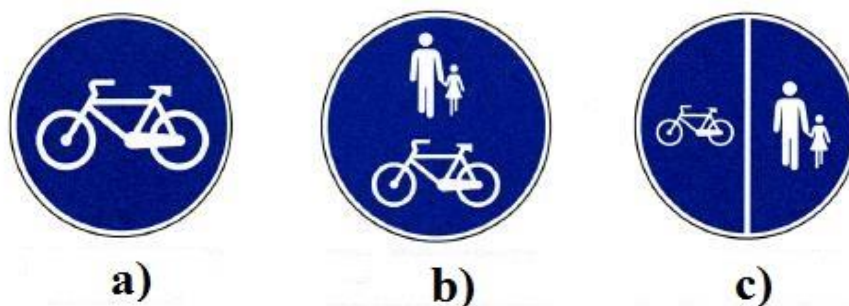


Figura 4- a) Sinal D7a - pista obrigatória para velocípedes b) Sinal D7e - pista obrigatória para peões e velocípedes c) Sinal D7f - pista obrigatória para peões e velocípedes (Decreto Regulamentar nº22,1998).

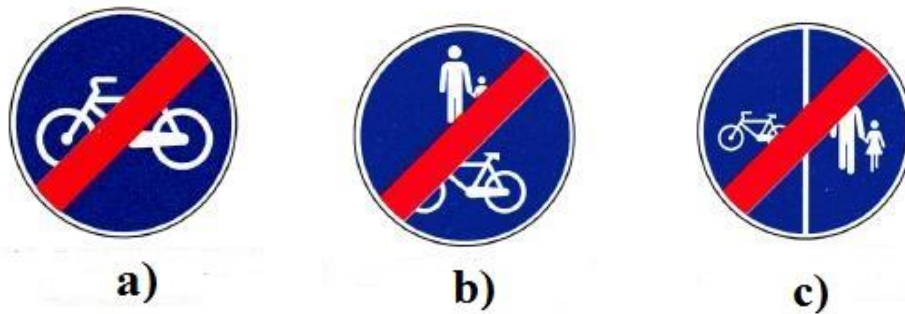


Figura 5- a) Sinal D13a - fim da pista obrigatória para velocípedes b) Sinal D13e - fim da pista obrigatória para peões e velocípedes c) Sinal D13f - fim da pista obrigatória para peões e velocípedes (Decreto Regulamentar n.º 22, 1998).

Com a criação das denominadas zonas de coexistência, houve necessidade da criação de um sinal vertical de forma a se informar os utilizadores (Figura 6). O sinal deve ser colocado à entrada da zona de coexistência, devendo as necessidades dos utilizadores serem garantidas através de elementos do projeto que assegurem que as velocidades praticadas são compatíveis com os restantes utilizadores.



Figura 6- Zona de coexistência (ANSR, 2014).

O sinal M10 e M10a do Artigo n.º 61 visam as marcas transversais para passagens de ciclistas e devem ser constituídos por quadrados ou paralelogramos e fornecem indicação por onde o ciclista deve fazer o atravessamento da faixa de rodagem.

Comparativamente a outros países, a sinalização presente em Portugal dedicada à bicicleta é diminuta. A sinalética apresentada anteriormente, resume bem a importância que a bicicleta apresenta nas deslocções no dia a dia. O facto da sinalização presente no atual Código da Estrada não ter sido revista a quando da Lei n.º 72/2013 de 3 de setembro, poderá criar potenciais situações de conflito, uma vez que foi dado um papel mais importante ao velocípede mas a salvaguarda feita através de sinalização não acompanhou essa evolução.

2.8. Exemplos de sinalização existente noutros países

2.8.1. Holanda

O manual holandês de projetos para bicicletas *Design Manual for Bicycle Traffic* (CROW, 2007) começa por alertar que a razão mais importante para a colocação de sinais específicos para bicicletas é ajudar os ciclistas que não conhecem o local encontrarem o seu destino (Figura 7). No caso dos ciclistas já conhecerem o local, a sinalização tem um papel adicional de demonstrar a coesão da rede existente.

De forma a resolver as limitações existentes da sinalização para tráfego motorizado, o manual propõe um sistema de sinais dedicados exclusivamente ao velocípede. A sinalização pode ser dividida desta forma em duas categorias:

- Fora dos centros urbanos, onde os sinais dedicados ao velocípede devem indicar as cidades mais próximas, principais infraestruturas, zonas recreativas, atrações turísticas, hotéis;
- Dentro dos centros urbanos, os sinais devem fornecer indicações sobre estações ferroviárias/metro, centro da cidade, museus, zonas turísticas, instalações desportivas.



a)



b)

Figura 7- a) e b) Exemplos de sinalização específica para velocípedes (CROW, 2007).

2.8.2. Reino Unido

O guia *Handbook for cycle* (Sustrans, 2014) fornece um conjunto de sinais indicativos para o ciclista, que desenvolvem um papel de segurança e de atratividade durante a viagem. O guia considera a sinalização como um elemento essencial de uma rede ciclável e deve ter um papel importante na fase de projeto de uma rota. Devem fornecer informação de confiança e nítida ao ciclista.

Os autores informam que deve existir um bom senso entre a informação disponível e a confusão que o excesso pode gerar, alertando para a importância da manutenção que a que a sinalização deve estar sujeita.

A colocação de painéis informativos no pavimento (Figura 8b) é proposta como alternativa à tradicional sinalização vertical (Figura 8a).



Figura 8- a) e b) Exemplos de sinalização específica para velocípedes existente (Sustrains Handbook for cycling, 2014).

2.8.3. Estados Unidos da América

O manual Norte Americano *Urban Bikeway Design Guide* (NACTO, 2011) proporciona um conjunto de sinais destinados à bicicleta, especificamente relacionados com as interseções luminosas (Figura 9).

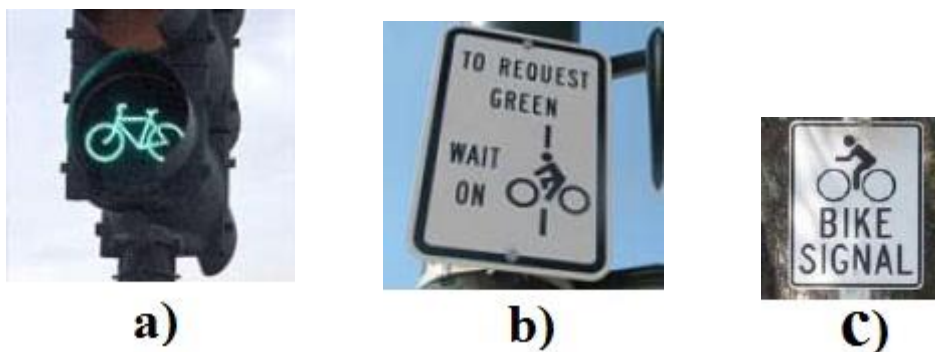


Figura 9- a), b) e c) - Exemplos de sinalização específica existente nos EUA (*Urban Bikeway Design Guide*, 2011).

O manual adverte que os sinais luminosos devem ser colocados em locais que sejam facilmente visíveis para os ciclistas que se aproximem da interseção.

Informa-se igualmente da existência de marcas no pavimento que reforcem qual o caminho que o ciclista deve seguir no interior da interseção (Figura 10), servindo também para separar as zonas de conflito.



Figura 10- a) e b) - Exemplo de cor de pavimento na interseção (*Urban Bikeway Design Guide, 2011*).

O guia *Bicycle Policy & Design Guidelines* (*Maryland State Highway Administration, 2015*), com efeitos práticos no estado de Maryland, apresenta um conjunto de sinais verticais de forma a indicar aos utilizadores, que tanto bicicletas como veículos motorizados podem utilizar a via para transitar.

O sinal “share the road”, em português “partilhe a rua”, apresentado na Figura 11, alerta os condutores para a presença de bicicletas em locais onde as mesmas foram obrigadas a sair do seu percurso anterior ou em locais onde as bicicletas terão de utilizar a via para se desviarem de obstáculos.



Figura 11- Sinalização referente a partilha da rua pelos vários utilizadores (*Bicycle Policy & Design Guidelines, 2015*).

O guia indica ainda outro conjunto de sinais com efeito no estado do *Maryland*, nos quais o principal objetivo é alertar o condutor de que a bicicleta pode utilizar toda a via para circular. O sinal, presente na Figura 12, deve ser colocado no início de uma via que tenha menos de 13 pés de largura, ou seja, aproximadamente 3,95 metros.



Figura 12- a), b) e c) - Exemplos de sinalização que permite à bicicleta utilizar toda a faixa de rodagem (Bicycle Policy & Design Guidelines, 2015).

Com o intuito de informar tanto condutores como ciclistas que se aproximam de uma via de viragem exclusiva, o sinal vertical disposto na Figura 13, deve ser colocado antes do início da mesma, no local onde os veículos motorizados têm de atravessar a via ciclável para concluir a manobra.



Figura 13- Exemplo de sinalização a colocar junto ao início de uma via exclusiva de viragem à direita (Bicycle Policy & Design Guidelines, 2015).

2.9. Dados de sinistralidade rodoviária envolvendo ciclistas

Os dados presentes na secção seguinte foram retirados da ficha temática “Os Velocípedes” da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, dizendo respeito ao período de 2004 a 2013.

A maioria dos condutores de bicicleta intervenientes em acidentes de viação sofre lesões (95%), enquanto nos restantes veículos o número de vítimas não chega a representar metade (47%) do total dos condutores envolvidos em acidentes, conforme é possível verificar através da Figura 14 (ANSR, 2014).

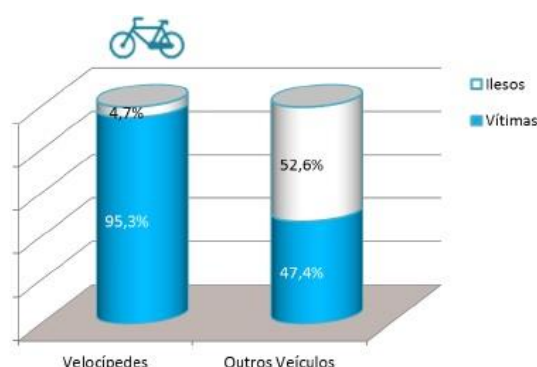


Figura 14- Tipologia dos condutores intervenientes em acidentes rodoviários (ANSR, 2014).

Em comparação com os automóveis ligeiros, a probabilidade dos condutores de velocípedes sofrerem uma lesão grave ou fatal é praticamente 4 (quatro) vezes maior, conforme demonstra a Figura 15 (ANSR, 2014).

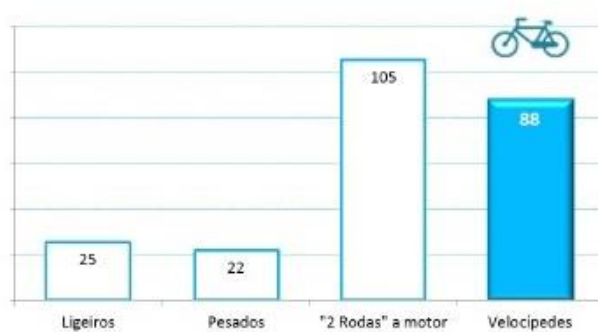


Figura 15- Probabilidade de ferimento num acidente (ANSR, 2014).

A nível europeu, Portugal faz parte do conjunto de países europeus onde a utilização da bicicleta como meio de transporte é baixa, sendo que apenas 1% da população utiliza a bicicleta em deslocações para o local de trabalho e cerca de 4,5% para fins de lazer, de acordo com dados recolhidos nos censos de 2011.

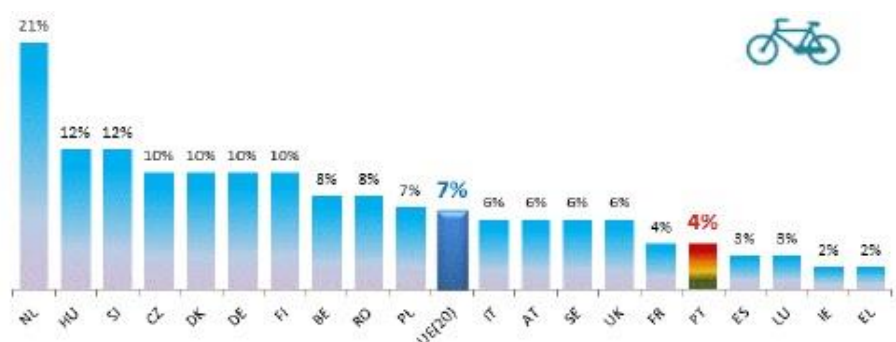


Figura 16- Percentagem de ciclistas vítimas de acidentes mortais por país (ANSR, 2014).

Desta forma, sendo a Holanda um dos países da UE com mais a baixa taxa de mortalidade geral, é o país que apresenta a maior percentagem de utentes de velocípedes mortos com 21%, enquanto que Portugal apresenta um valor bastante inferior ao da média da UE com 4% versus 7%, conforme demonstra a Figura 16.

A nível nacional, os condutores de bicicletas representam cerca de 6% do total de condutores mortos e feridos graves e 5% dos feridos ligeiros. No caso dos acidentes com ciclistas mortos, mais de metade registou-se dentro das localidades (54%) enquanto para outros tipos de veículo, o maior número de vítimas mortais resultou de acidentes ocorridos fora das localidades (ANSR, 2014). Os dados anteriormente encontram-se sintetizados na Figura 17.

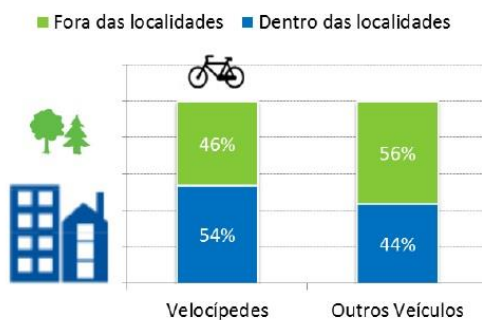


Figura 17- Localização de acidentes com vítimas fatais em Portugal (ANSR, 2014).

É possível retirar da Figura 18 valores comparativos referentes aos feridos graves no período assinalado. Tanto os condutores de velocípedes como de outros veículos assumem valores mais elevados nas zonas urbanas, com 75% para as bicicletas e 56% para outros tipos de veículos (ANSR, 2014).

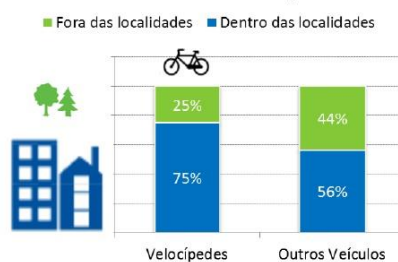


Figura 18- Localização de acidentes com feridos graves em Portugal (ANSR, 2014).

Numa análise da Figura 19, referente à natureza dos acidentes, mais de 85% resultaram de colisões com especial ênfase para as colisões laterais (23% das vítimas mortais, 36% dos feridos graves e 44% dos feridos ligeiros) e as colisões traseiras com 25% de vítimas mortais (ANSR, 2014).

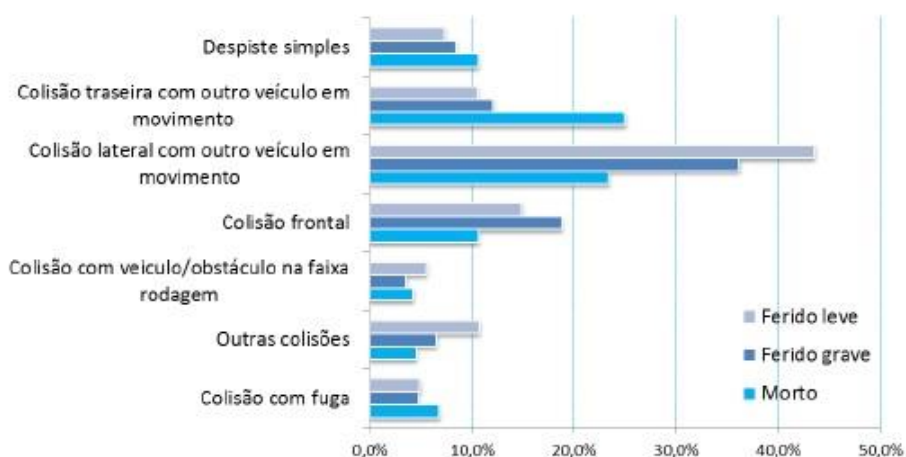


Figura 19- Tipologia dos acidentes envolvendo bicicletas (ANSR, 2014).

No que refere ao local da via em que ocorreram os acidentes com velocípedes (Figura 20), salientam-se os entroncamentos e cruzamentos, onde ocorreram 31% das vítimas mortais ou gravemente feridas, contra um valor de 19% para os condutores de outro tipo de veículo (ANSR, 2014).



Figura 20- Local da via onde ocorrem acidentes com velocípedes (ANSR, 2014).

Quanto às ações e/ou manobras realizadas pelos ciclistas que resultaram em acidente, a maioria seguia em marcha normal: 68% das vítimas mortais, 57% dos feridos graves e 68% dos feridos leves, conforme demonstrado através da Figura 21 (ANSR, 2014).



Figura 21- Manobras resultantes em acidentes com velocípedes (ANSR, 2014).

Quando se comparam manobras dos ciclistas com manobras dos condutores de outro tipo de veículo (Figura 22), constata-se que algumas delas, nomeadamente a mudança de direção para a esquerda e o atravessamento da via assumem níveis bastante superiores entre os ciclistas (ANSR, 2014).



Figura 22- Comparação das manobras resultantes em acidentes entre velocípedes e outros veículos (ANSR, 2014).

Em Portugal, uma grande parte da distribuição de vítimas (Figura 23) está concentrada num pequeno número de distritos tais como Aveiro, Faro, Lisboa, Porto, Santarém e Setúbal. De acordo com dados dos Censos de 2011, a utilização da bicicleta como meio de transporte nessas regiões é superior (ANSR, 2014).

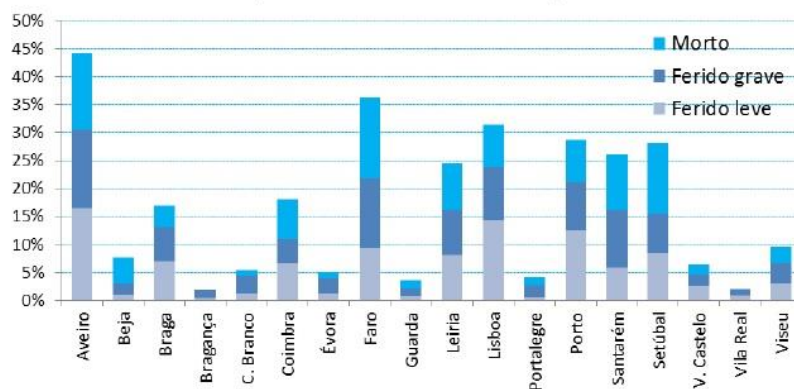


Figura 23- Tipologia das vítimas por distrito em Portugal (ANSR, 2014).

Os condutores de bicicletas envolvidos em acidentes com vítimas mortais (Figura 24) são maioritariamente do sexo masculino, onde atinge o valor de 90% das vítimas. Nos feridos graves o valor atinge os 89% e nos feridos ligeiros, cerca de 86% (ANSR, 2014).

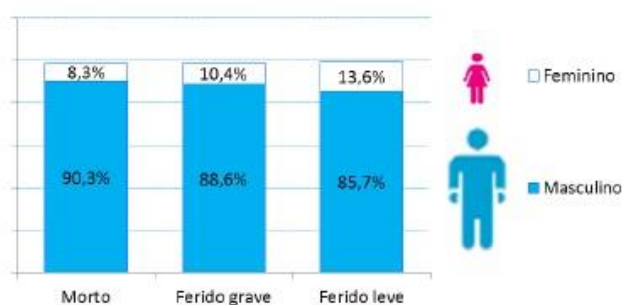


Figura 24- Vítimas envolvidas em acidentes por género (ANSR, 2014).

Quanto ao fator idade, as vítimas divergem consoante o tipo de lesão. No caso das vítimas mortais, verifica-se um aumento significativo a partir dos 35 anos, atingindo os valores mais altos a partir dos 60 anos. Ao analisar a figura 25, salienta-se o facto de cerca de 43% das vítimas mortais tem idade superior a 60 anos (ANSR, 2014).

De forma inversa, os valores máximos dos feridos ligeiros e dos feridos graves estão concentrados entre os 6 e os 20 anos.



Figura 25- Idade das vítimas de acidentes envolvendo velocípedes (ANSR, 2014).

2.10. Interseções Rodoviárias

2.10.1. Interseções Prioritárias

É bastante comum para o ciclista ter de parar a cada interseção que encontra ao longo do seu percurso, tornando assim a viagem desconfortável. É difícil para o ciclista que se aproxima de uma interseção ter de olhar para a sua esquerda, direita e para trás antes de tomar a decisão de prosseguir ou parar. Esta manobra de observação torna-se especialmente perigosa para os ciclistas mais novos, uma vez que estes poderão ter dificuldade em encontrar a velocidade correta na aproximação à interseção de forma a anteciparem os movimentos dos veículos (Department of Transport, 2008).

Um ciclista deve ser perceptível numa interseção. O guia *Focus on Cycling* (Traffic Department Copenhagen, 2013) adverte para a regra de proibição de estacionamento 10 metros antes da interseção. Acrescenta ainda que os automóveis estacionados devem ser mantidos longe da área de aproximação, não devendo existir uma separação da via ciclável para a via do tráfego motorizado, sendo que as bicicletas devem ser posicionadas de tal forma que os condutores de camiões e autocarros as consigam visualizar.

2.10.1.1. Ilha de refúgio

Segundo Heydon & Lucas-Smith (2014), o ciclista deve evitar atravessar locais onde exista mais do que uma linha de tráfego ou locais onde o tráfego possa tomar várias direções. De forma a minimizar o conflito, propõe-se a criação de ilhas de refúgio.

A área do local de refúgio deve ser suficiente para acomodar grupos de ciclistas ou bicicletas de grupo (tandem), e ao mesmo tempo transmitir segurança para que os utilizadores não se sintam ameaçados pelo tráfego motorizado enquanto aguardam para atravessar a via (AASHTO, 1999).

A opção de criação de uma ilha de refúgio (Figura 26) pode servir como local de espera numa manobra de viragem à esquerda em duas fases (NACTO, 2011).

A ilha de refúgio apresenta como vantagens (NACTO, 2011):

- Permite ao ciclista atravessar de forma mais segura a interseção;
- Fornece o espaço necessário para o ciclista esperar por uma oportunidade de travessia segura;
- Diminui o comprimento que o ciclista fica exposto ao tráfego motorizado;

- Diminui o tempo necessário para o ciclista atravessar totalmente a faixa de rodagem;

A ilha de refúgio pode ser utilizada nos seguintes casos:

- Onde uma ciclovía interseja uma estrada com elevado tráfego motorizado;
- Vias onde exista um elevado número de peões ou bicicletas;
- Nas interseções prioritárias ou luminosas;
- Nos locais onde se pretenda restringir um movimento do veículo.

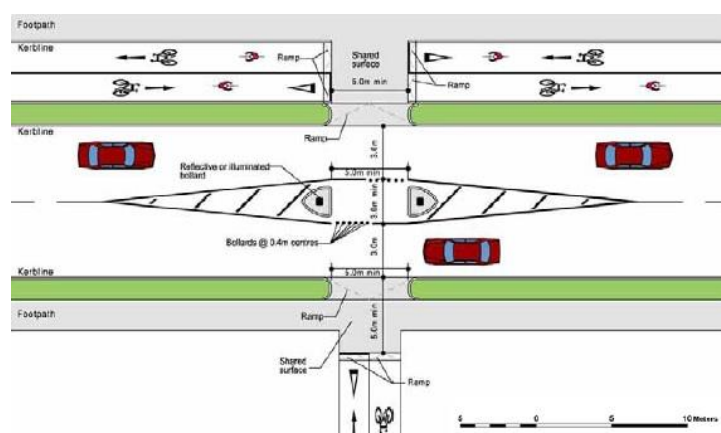


Figura 26- Exemplo de ilha de refúgio (National Transport Authority, 2011).

2.10.1.2. Tráfego misto

Numa via onde exista um reduzido volume de tráfego motorizado, é possível facilitar a manobra de viragem à esquerda por parte de uma bicicleta. Num ambiente de tráfego misto (Figura 27), o ciclista deve ocupar o centro da faixa de rodagem e indicar que vai realizar a manobra, devendo apenas efetuar a mesma quando existir um intervalo seguro. O veículo que se aproxima da via secundária necessita de fazer uma manobra de dois passos, primeiro junto à passagem para peões, e finalmente a manobra de aproximação à via principal. Esta solução é indicada para vias onde o tráfego motorizado está limitado a 30 km/h (National Transport Authority, 2011).

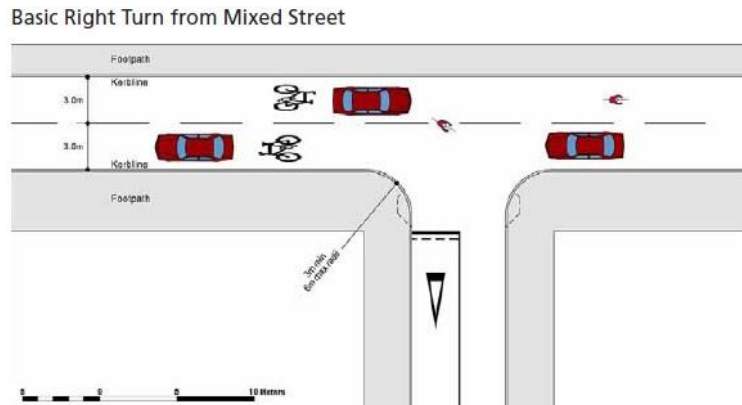


Figura 27- Exemplo de interseção com tráfego misto (National Transport Authority, 2011).

No caso da existência de uma via ciclável contida na faixa de rodagem (Figura 28), o ciclista deve fazer sinal que pretende realizar a manobra de viragem à esquerda e olhar para trás de forma a verificar que não existe tráfego. Quando na via reservada ao tráfego motorizado, o ciclista pode parar junto à interseção enquanto aguarda que o trânsito vindo da via contrária passe, e só depois deve efetuar a manobra. Onde exista uma elevada procura da manobra e espaço suficiente, deve ser criada uma ilha de refúgio de forma a facilitar a manobra ao ciclista e a não criar atraso no tráfego motorizado. As vias em causa devem estar limitadas a 50 km/h (National Transport Authority, 2011).

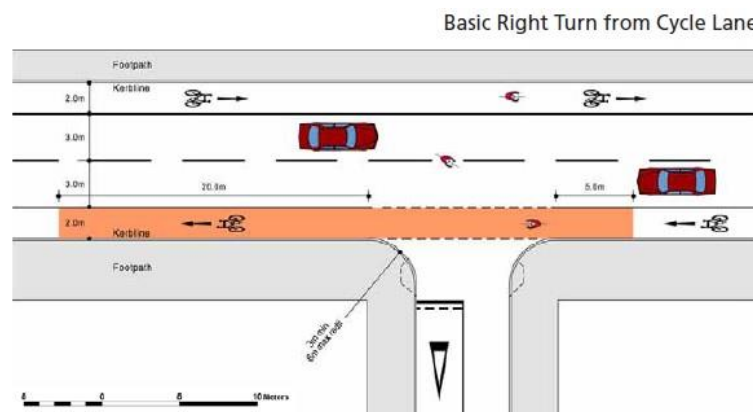


Figura 28- Exemplo de interseção envolvendo uma via ciclável (National Transport Authority, 2011).

2.10.1.3. Raio de viragem

O *Cycle Infrastructure Design* (Department of Transport, 2008) propõe que numa interseção entre duas vias, uma prioritária com ciclovia separada do tráfego sobre outra via de menor hierarquia, o raio de viragem para o veículo que sai da via prioritária seja pequeno. Desta forma reduz-se a velocidade praticada durante a manobra. O guia propõe ainda que a ciclovia deve ter um a dois automóveis de distância da via prioritária, para que desta forma os veículos que necessitem de parar não interfiram com o tráfego que prossegue na via de onde saíram. A criação desta distância dá ao condutor mais tempo para que este possa percecionar a existência de algum ciclista no seu caminho.

2.10.1.4. Altura do pavimento

É referido por Heydon & Lucas-Smith (2014) que as ciclovias paralelas às estradas de maior hierarquia viária devem ter igualmente prioridade nas interseções com estradas consideradas secundárias. Como forma de garantir que tal é conseguido, as ciclovias devem manter a mesma altura de pavimento durante a interseção. O *Cycle Infrastructure Design* (2008) propõe a criação de elevação de piso na via secundária a quando da interseção com a ciclovia, uma vez que a redução da velocidade induzida pelo obstáculo tem impacto positivo na segurança dos utilizadores, nomeadamente na segurança dos ciclistas.

É referido no documento que a rampa de acesso à elevação deve ser suficientemente afastada da interseção, de forma a não colocar em risco a segurança do ciclista, caso este pretenda sair da ciclovia e seguir para a estrada secundária. O manual indica ainda que a utilização da elevação de piso ao reduzir a velocidade praticada, reduz de igual forma os problemas associados à falta de visibilidade da interseção.

2.10.1.5. Resumo

De forma sintetizada, quando o percurso ciclável está integrado na via com prioridade deve-se (Adaptado de Sancho (2013)):

- Colocar sinalização adequada;
- Prolongar a marcação no pavimento da faixa ciclável ao longo da interseção, opcionalmente com coloração diferente. O prolongamento da marcação deve ser

feito por uma linha tracejada, indicando a possibilidade de veículos motorizados ocuparem esse espaço;

- Colocar após a interseção, o pictograma da bicicleta, a seta direcional na via ciclável e sinalização vertical correspondente;
- Assegurar que a linha de paragem na via de trânsito sem prioridade não se insere na passagem destinada aos percursos cicláveis.

A atual Lei nº72/2013, de 3 de setembro, veio dotar o ciclista dos mesmos direitos de cedência de passagem que os restantes utilizadores. Desta forma, numa interseção prioritária não sinalizada, aplica-se ao velocípede o mesmo regime que a um veículo motorizado, isto é, caso o mesmo se apresente pela direita os restantes condutores devem ceder-lhe a passagem.

Esta alteração ao código da estrada torna a viagem mais cómoda para o ciclista, uma vez que teoricamente o número de paragens que necessita de realizar durante a sua viagem pode ser diminuído, evitando-se assim o gasto energético e de tempo associado com a recuperação da velocidade.

2.10.2. Interseções reguladas por sinais luminosos

As interseções reguladas por sinais luminosos ou semaforizadas correspondem a soluções em que a gestão do tráfego no cruzamento é efetuada por intermédio de sinalização luminosa. As interseções reguladas por sinais luminosos caracterizam-se pela atribuição em diferentes períodos de tempo do direito absoluto ou parcial de entrada no cruzamento aos diferentes movimentos de tráfego, havendo deste modo uma segregação temporal dos conflitos entre veículos e entre veículos e peões, o que se traduz num aumento da segurança (Macedo, 2005).

Neste tipo de interseções encontra-se instalado um sistema de três tipos de luzes:

- Luz verde – está autorizada a passagem, salvo se por motivo de excesso de tráfego o condutor possa ficar imobilizado na interseção.
- Luz amarela – faz a transição da luz verde para a luz vermelha. A passagem está proibida salvo se o condutor não consiga parar em segurança.

- Luz vermelha – a passagem encontra-se proibida, devendo os condutores pararem antes do início da interseção.

A maioria das interseções semaforizadas não requer nenhum ajuste especial de sinal verde para o tráfego velocípede. Em interseções de grande dimensão, ou em que exista um declive acentuado, existe a necessidade de aumentar o período de sinal verde de modo a garantir que os ciclistas atravessam a interseção antes da próxima fase do sinal luminoso começar. A velocidade do ciclista durante a travessia de uma interseção semaforizada varia entre os 4m/s e os 7m/s.

As interseções onde exista um elevado número de ramos de entrada, fases de sinal luminoso ou abordagens de várias vias ao mesmo tempo, podem ser mais perigosas para os ciclistas.

As vias dedicadas a velocípedes que se desviem dos sinais principais podem reduzir os atrasos. Uma via de viragem exclusiva para velocípedes à direita que utilize uma fase própria ou um sinal próprio permitirá ao ciclista atravessar a interseção antes do tráfego motorizado (*Department of Transport, 2008*).

Nas interseções reguladas por sinais luminosos em que existam detetores para presença de bicicletas, os mesmos devem estar ajustados para que consigam detetar a presença de bicicletas. Nesses casos, aconselha-se a colocação do detetor dentro da ciclovía, ou no caso da existência de um botão, o mesmo deve ser instalado de forma a que o ciclista não necessite de desmontar para premir.

Nas situações de elevado tráfego velocípede, pode ser criada uma fase exclusiva de sinal verde para as bicicletas. Dessa forma é permitido ao ciclista atravessar a interseção ou fazer manobras de viragem sem se ter de preocupar com o tráfego motorizado. Nas interseções onde exista risco de o ciclista poder ficar retido a meio, deve-se aumentar o período da fase tudo vermelho, de forma a ajudar o ciclista a sair da zona de perigo (*Minnesota State Department of Transportation, 2007*).

2.10.2.1. Linha de paragem avançada (ASL)

As interseções reguladas por sinais luminosos são das interseções mais seguras para o ciclista (*Department of Transport*, 2008). Uma linha de paragem avançada (ASL) com uma via dedicada na lateral, permite aos ciclistas prosseguir e avançar para a frente do tráfego enquanto aguardam o sinal verde (Figura 29). Desta forma, o ciclista fica menos exposto aos gases libertados pelo tráfego motorizado. Os custos da instalação de uma linha avançada de paragem são baixos, sendo que a capacidade da interseção se mantém praticamente inalterada se o número de vias disponíveis se mantiver o mesmo. Caso exista uma via dedicada exclusivamente para a viragem à direita, a mesma deve ser criada um pouco a montante da interseção de forma a que o tráfego motorizado possa atravessar a via para velocípedes e seja colocado num local apropriado para efetuar a manobra. Nestes casos podem ser criadas duas linhas avançadas de paragem na mesma interseção, em que uma se refere às viragens à direita e a outra para o tráfego que pretenda seguir em frente ou virar à esquerda (*Department of Transport*, 2008).

A criação de uma ASL permite a existência de dois sistemas de regulação da interseção semaforizada. A criação de uma fase exclusiva às bicicletas, permitindo que estas avancem antes do restante tráfego motorizado, e outro sistema em que o sinal verde é comum aos diferentes utilizadores (veículos motorizados e bicicletas).

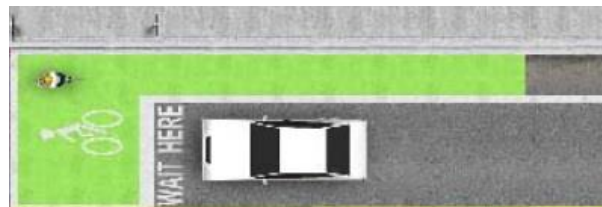


Figura 29- Adaptado de linha de paragem avançada. (NACTO, 2011).

2.10.2.2. Manobra de viragem à direita no sinal vermelho (RTOR)

As vias dedicadas a velocípedes adjacentes a vias destinadas ao tráfego motorizado podem complicar as manobras de viragem dos veículos. Nos locais onde é permitido fazer a manobra de viragem à direita no sinal vermelho (RTOR) os condutores tendem a focar-se mais no tráfego que se aproxima do lado esquerdo. Os ciclistas parados no sinal vermelho podem ter a sensação que os condutores que fazem a manobra de viragem à direita no sinal vermelho entram no seu espaço de conforto.

Os condutores de um veículo motorizado que fazem a manobra de viragem à direita tendem a entrar na via dedicada ao tráfego velocípede. O espaço dedicado a cada tipo de veículo e o comportamento expectável pode ser comunicado tanto a velocípedes como a veículos motorizados através de sinais verticais, sinais no pavimento e marcações em tracejado (*Minnesota State Department of Transportation, 2007*).

2.10.2.3. Via exclusiva de viragem à direita

Alguns ciclistas utilizam a via dedicada para viragens à direita quando seguem em frente numa intersecção. Esta manobra causa dificuldades porque o condutor do veículo motorizado tem a expectativa de o ciclista virar à direita. Devem ser feitos todos os esforços para encorajar os condutores que pretendam fazer a manobra de viragem à direita a reduzirem a sua velocidade e observarem o tráfego velocípede antes de chegarem à intersecção e efetuarem a manobra. A solução mais eficaz para este potencial problema é colocar a via para velocípedes do lado esquerdo, e marcar a tracejado a área onde os veículos podem interferir com a via para velocípedes (Figura 30). Desta forma os diferentes tipos de veículos podem seguir o seu caminho com o mínimo de conflito possível (*Minnesota State Department of Transportation, 2007*).



Figura 30- Exemplo de via exclusiva de viragem à direita (NACTO, 2011).

2.10.2.4. Manobra de viragem à esquerda em duas etapas

A viragem à esquerda em duas etapas (Figura 31) oferece uma manobra segura ao ciclista, uma vez que os seus movimentos estão protegidos por barreiras físicas ou medidas adicionais de segurança. Para realização desta manobra, é necessário primeiro que o ciclista atravesse a interseção e se coloque numa área reservada à sua presença enquanto aguarda novo sinal verde para prosseguir. Esta proposta tem como vantagens (*Portland Bureau of Transportation*, 2010):

- Redução dos conflitos entre veículos motorizados e bicicletas;
- Permite aos ciclistas colocarem-se na frente do tráfego motorizado na rua transversal;
- Reduz a complexidade do movimento de viragem à esquerda para o ciclista.

No entanto, é possível indicar de igual forma duas desvantagens (*Portland Bureau of Transportation*, 2010):

- Os ciclistas têm de aguardar dois sinais verde para efetuar a manobra;
- A zona de espera na interseção pode transmitir insegurança para o ciclista.



Figura 31- Exemplo de viragem à esquerda em duas etapas (*Alta Planning + Design*, 2008).

2.10.2.5. Caixa de espera “Manter à direita para virar à esquerda”

As caixas de espera devem ser utilizadas em interseções de grandes dimensões para facilitar as manobras de viragem à bicicleta. O ciclista mantém-se à direita na aproximação e coloca-se numa área definida enquanto aguarda pelo sinal verde (Figura 32). Esta solução evita que durante a manobra os ciclistas tenham de cruzar elevados volumes de tráfego ou que fiquem presos entre os dois sentidos. Desta forma permite-se igualmente que um ciclista que pretenda seguir em frente tenha a via desimpedida.

As caixas de espera para manobra de viragem à esquerda são recomendadas caso exista uma ou mais das seguintes circunstâncias (*National Transport Authority, 2011*):

- Locais onde a velocidade praticada e o volume de tráfego necessitem de infraestrutura ciclável independente;
- Locais onde exista mais do que uma via de tráfego na mesma direção;
- Se pretenda criar condições para uma viragem à esquerda para a bicicleta em interseções onde não é permitido ao tráfego motorizado efetuar essa manobra.

A solução proposta necessita de um conjunto de sinais luminosos adicionais, caso contrario os ciclistas que se encontram em espera não sabem quando podem atravessar.



Figura 32- Caixa de espera para viragem à esquerda (*NACTO, 2011*).

2.10.2.6. Via de viragem à direita partilhada

Esta solução apresentada pela *NACTO*, no guia *Urban Bikeway Design Guide* (2011), indica a criação de uma via partilhada entre veículos que pretendam efetuar a manobra de viragem à direita e as bicicletas que pretendam seguir em frente na interseção (Figura 33). É essencial garantir que a via inclui sinalização própria para desta forma se garantir que apenas os veículos motorizados que pretendam efetuar a manobra entrem na via partilhada. Esta solução é apontada como uma alternativa a uma fase exclusiva para bicicletas. Apresenta como principais vantagens:

- Permite ao ciclista manter a comodidade e a prioridade sobre os restantes veículos;
- Preserva a existência da via para ciclistas que de outra forma poderia ser eliminada antes da interseção;
- Reduz o risco de acidente entre os veículos que pretendam efetuar a manobra de viragem à direita e as bicicletas;
- Orienta o ciclista para uma via onde as velocidades praticadas são menores do que nas restantes vias, o que diminui o risco de acidente grave.



Figura 33- Exemplo de via de viragem à direita partilhada (NACTO, 2011)

2.10.2.7. Tempo de espera e possibilidade de parar

Os tempos de espera e a possibilidade de ter de parar/arrancar são fatores importantes na avaliação da interseção regulada por sinais luminosos para os utilizadores de bicicleta. Os tempos de espera tendem a ser a principal razão de atrasos, especialmente nas grandes cidades. O facto de se ter de parar faz com que tenha de existir uma desaceleração e de posterior aceleração, o que inevitavelmente gera uma perda de velocidade e cria desconforto ao ciclista.

Os ciclistas aceitam um tempo de espera maior nas interseções semaforizadas. Os tempos de espera máximos recomendados são (CROW, 2007):

- Dentro das zonas urbanas: tempo de espera máximo inferior a 90 segundos;
- Fora das zonas urbanas: tempo de espera máximo inferior a 100 segundos;

Num trabalho de investigação realizado em 24 interseções demonstrou-se que, ao reduzir o tempo de ciclo para todos os veículos, não só melhorou o fluxo do tráfego de bicicletas como criou igualmente melhorias no fluxo do tráfego motorizado. Quanto mais curto for o ciclo melhor, no entanto não se deve ultrapassar o valor de 90 segundos. O valor geralmente aceite de 120 segundos de tempo de ciclo para o tráfego motorizado tende a ser demasiado longo para os ciclistas (CROW, 2007).

A Tabela 1 apresenta um resumo das políticas promotoras da utilização da bicicleta em interseções reguladas por sinais luminosos.

Tabela 1- Medidas promotoras da bicicleta em interseções semaforizadas (Adaptado de CROW, 2007).

Número	Medida	Possível combinação
1	Diminuir o tempo de ciclo	2 – 16
2	Aumentar o sinal verde para as bicicletas	1, 3, 4, 7 - 9, 11 – 16
3	Permitir viragem à direita no sinal vermelho	1, 2, 3 – 11, 14 – 16
4	Sinal verde para a bicicleta em todas as direções ao mesmo tempo	1, 2, 3, 10 – 13, 15
5	Aceitar conflitos entre bicicletas e veículos motorizados	1, 3, 7 – 9, 11 – 13
6	Colocar de tempo de espera favoráveis para a bicicleta	1, 3, 4, 9, 11 – 13, 15, 16
7	Aumentar as vias de bicicleta com prioridade juntamente com os transportes públicos	1, 2, 3, 5, 8, 9, 11 – 16
8	Aumentar as vias de bicicleta com prioridade juntamente com outras vias	1, 2, 3, 5, 7, 9, 11 – 16
9	Colocar uma sequencia na fase para as bicicletas que pretendam virar à esquerda	1, 2, 3, 5, 7, 8, 10 – 13, 15, 16
10	Definir sinal verde para tráfego de bicicletas	1, 3, 4, 5, 9, 11 – 16
11	Manter os conflitos mútuos entre tráfego de baixa velocidade fora de controlo	Todas as medidas
12	Implementar viragem à direita no sinal vermelho	Todas as medidas, exceto a 3
13	Introduzir deteção para as bicicletas	Todas as medidas
14	Introduzir ECLS (Linha de espera para bicicleta estendida)	Todas as medidas, exceto a 6, 7 e 8
15	Aumentar o fluxo para o tráfego motorizado	Todas as medidas, exceto a 5
16	Definir sinal verde para duas direções	Todas as medidas, exceto a 4, 5 e 14

O manual norte-americano *Urban Bikeway Design Guide* (NACTO, 2011) informa que não existe um padrão nacional a utilizar nos sinais luminosos para velocípedes. No entanto, devem ser utilizados os seguintes requisitos:

- No mínimo, deve ser utilizado um período de tempo que acomode 85% dos ciclistas que viagem a uma velocidade normal;

- Idealmente as velocidades médias do ciclista devem ser medidas no local, de forma a ser calculado um valor de tempo de sinal amarelo correto;
- Caso não existam medições de velocidade *in situ*, deve ser utilizado o valor de 15 km/h para calcular o tempo necessário para travessia da interseção;

A fase de sinal vermelho deve ser mais curta para os veículos motorizados do que os velocípedes, uma vez que estes se deslocam mais devagar ao longo da interseção.

2.10.3. Rotundas

As rotundas são praças formadas por cruzamentos ou entroncamentos onde o trânsito se processa em sentido giratório e apresentando sinalização própria. O ordenamento geométrico de uma rotunda é caracterizado pela convergência de diversos ramos de sentido único ou não, numa praça central de forma geralmente circular e intransponível, em torno da qual é estabelecido um sentido único de circulação (contrário ao ponteiro do relógio), sendo este prioritário em relação aos fluxos de chegada (INIR, 2010).

Num artigo publicado em 2007 por Hells & Moller, os autores defendem que quando uma interseção é convertida em rotunda deixa de existir a manobra de viragem à esquerda e o fluxo de tráfego circula a menores velocidades. Como consequência direta, o número de acidentes envolvendo veículos motorizados diminui.

Esta teoria reforça a posição apresentada por Helslund & Jorgensen (2003) quando estes afirmam que os efeitos de melhoria na segurança ao se converter uma interseção numa rotunda são principalmente visíveis nas colisões automóvel/automóvel e que as melhorias na segurança das bicicletas não são tão observáveis.

Hells & Moller (2007) indicam que os principais tipos de acidentes de bicicleta que são relatados à polícia são colisões na circulação e colisões nas entradas ou nas saídas das rotundas.

No início da década de 1960, começaram a ser desenvolvidas teorias e modelos de comportamento de condução que incluem o risco percecionado como um fator central. Embora os diferentes autores dessas teorias e modelos não concordem com a influência do risco percecionado, este fator acaba por ser reconhecido como sendo um fator importante em relação ao comportamento durante a condução. Assim, as rotundas onde o risco

percecionado apresenta menores valores, tendem a desencorajar o uso de cuidados de segurança.

No caso de estudo apresentado no artigo de Daniels *et al.* (2009), a situação em que uma bicicleta circula no interior da rotunda e um automóvel se encontra a sair, foi encarada como sendo muito perigosa pelos participantes. O nível de risco percecionado bem como o nível geral de risco foi significativamente maior em rotundas sem infraestrutura para bicicletas do que em rotundas com infraestrutura apropriada. Como conclusão, o número de ciclistas que indicaram a rotunda sem infraestrutura para bicicletas como mais perigosa foi maior do que o número de ciclistas que indicaram a rotunda com infraestrutura para tráfego velocípede.

Segundo Daniels *et al.* (2009) análise de dados demonstrou que a percepção do risco era influenciada pela combinação de fatores como a conceção geométrica da rotunda, o volume de tráfego e as características do ciclista. Os resultados observados referentes ao risco percecionado, referem que este aumenta em situações onde o nível de previsibilidade e de percepção são baixos.

Daniels *et al.* (2009) apresentam a possibilidade de dividir as rotundas em quatro categorias distintas, no que diz respeito à forma como é realizada a circulação em bicicletas:

- Tráfego misto;
- Ciclovía no interior da rotunda;
- Ciclovía separada do tráfego motorizado;
- Rotunda com ciclovía desnivelada.

De acordo com os autores, a solução básica designada por tráfego misto trata os ciclistas da mesma forma que os restantes veículos, o que implica que o tráfego de bicicletas seja misturado com o tráfego motorizado (Figura 34), partilhando os mesmos locais de entrada, circulação e saída das rotundas.

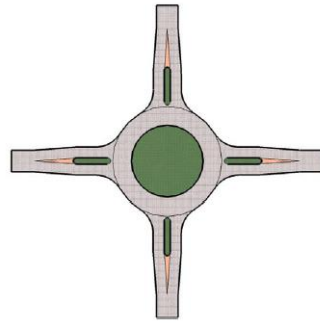


Figura 34- Exemplo de rotunda com tráfego misto (Daniels et al., 2009)

A segunda designação proposta pelos autores designada por ciclovias no interior da rotunda, refere que as ciclovias sejam construídas na parte exterior do anel de circulação da rotunda, sendo desta forma visível para todos os utilizadores da mesma (Figura 35). De forma a serem identificáveis, podem ser delimitadas através de linhas ou construídas com um material diferente do pavimento ou com uma cor distinta. No entanto, o facto de as ciclovias estarem no interior da rotunda implica que os ciclistas estejam muito próximos do tráfego motorizado, tendo que efetuar as mesmas manobras que os restantes utilizadores. Como tal, as manobras de travessia de uma saída são particularmente perigosas, pois implicam que os ciclistas que pretendam continuar o seu trajeto cruzem uma possível manobra de saída por parte de um veículo motorizado.

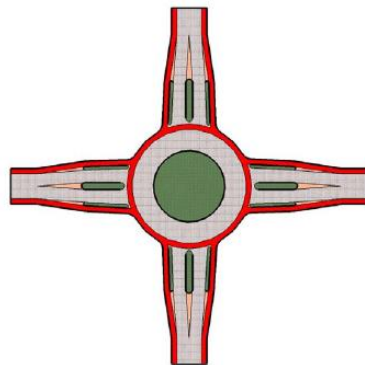


Figura 35- Exemplo de rotunda com ciclovias no interior (Daniels et al., 2009).

Quando a distância entre a ciclovias e o restante tráfego motorizado se torna maior, considera-se que a circulação de bicicletas é independente da que acontece no interior do anel de circulação (Figura 36). A esta solução, os autores designaram por ciclovias separadas do tráfego motorizado.

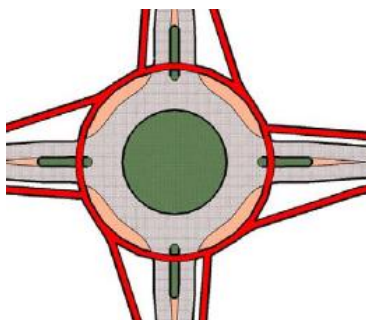


Figura 36- Exemplo de rotunda com ciclovia separada do tráfego motorizado (Daniels et al., 2009).

A última solução proposta implica que as ciclovias sejam construídas no exterior do anel de circulação automóvel (Figura 37), sendo igualmente desta forma considerado tráfego separado. Para prosseguir o seu caminho, o ciclista tem de percorrer a ciclovie existente, e quando desejar atravessar uma saída deverá realizar a manobra apenas no local apropriado. Esta solução faz com que exista um espaço para o condutor que sai do anel de circulação possa parar de forma a dar passagem ao ciclista.

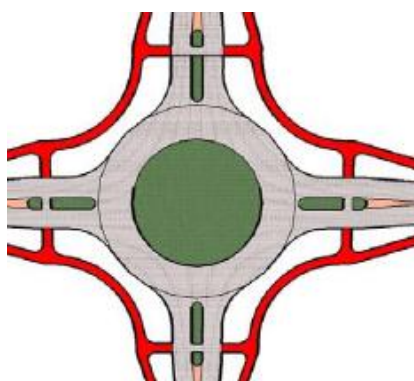


Figura 37- Exemplo de ciclovie separada por grau (Daniel et al., 2009).

Um trabalho da autoria de Jensen (2016) indica que a velocidade praticada nos ramos de acesso à rotunda tem uma grande influência na segurança quando se converte outro tipo de interseção numa rotunda. Nos resultados apresentados pelo autor, não existiu uma diminuição na segurança da interseção quando a velocidade praticada em meio urbano tinha o limite de 40/50 km/h. Contudo, a segurança do ciclista piorou significativamente, apesar do número de acidentes sem envolver ciclistas ter diminuído.

Por seu lado, nos locais rurais onde as velocidades praticadas são da ordem dos 80 km/h registou-se uma melhoria no número de acidentes entre veículos motorizados assim como acidentes entre veículos motorizados e ciclistas. No entanto, a melhoria no número de acidentes envolvendo ciclistas foi apenas metade quando comparada com a registada para os restantes tipos de acidentes. Assim, Jensen (2016) demonstrou que a velocidade

praticada nos limites de aproximação às rotundas tem um papel importante para a segurança dos utilizadores.

Schoon & Van Minnen (1993) mostram que as rotundas com infraestrutura separada do tráfego motorizado são mais seguras do que rotundas com ciclovia no interior ou com tráfego misto, para condições de elevados volumes de tráfego. Já Brude & Larsson (1999a) e Sakshaug *et al.* (2010) concluíram que as rotundas onde exista infraestrutura para o ciclista que seja separada do tráfego motorizado e com travessias apropriadas, são mais seguras para os utilizadores de bicicletas quando comparadas com rotundas que não disponham de qualquer tipo de infraestrutura apropriada, ou seja, em condições de tráfego misto.

Por seu lado, Daniels *et al.* (2009, 2010) suporta a ideia de que uma rotunda com ciclovia pelo interior é menos segura que uma rotunda com tráfego misto.

Hels & Moller (2007) e Turner *et al.* (2009) constatarem que quando existe uma maior velocidade de entrada na rotunda e de circulação, a segurança dos ciclistas diminui. Jensen (2016) aponta o intervalo de valores de DCI entre os 20m e os 40m como sendo aqueles que apresentam melhores condições de segurança para o ciclista no caso de rotundas com uma via no anel de circulação. A possível explicação para o aumento de segurança apresentada pelo autor deve-se ao impacto que o diâmetro e a deflexão na via de acesso têm sobre as velocidades praticadas na aproximação e no interior do anel de circulação.

A infraestrutura para a bicicleta requer uma atenção extra se o volume de tráfego numa rotunda necessitar de duas vias no anel de circulação. A solução esteticamente mais elegante é a utilização de ciclovias desniveladas na rotunda combinada com uma elevação do pavimento do tráfego motorizado na zona de travessia. Os ciclistas nas vias laterais podem, dependendo da intensidade do tráfego motorizado, atravessar ao mesmo nível se a rotunda dispuser de apenas uma saída, sendo que a ciclovia deve ser sobrelevada em relação ao piso (CROW, 2007).

As ciclovias de dois sentidos instaladas numa rotunda devem ser sempre que possível evitadas, pois o condutor de um veículo motorizado não espera a presença de um ciclista vindo do sentido oposto. No entanto, no caso da instalação de uma ciclovia de dois sentidos numa rotunda, a ciclovia deve ficar elevada em relação à faixa de rodagem, devendo existir marcação e sinalização que informe o condutor da situação que vai encontrar (CROW, 2007).

O Código da Estrada em vigor em Portugal, teve na Lei nº72/2013 de 3 de setembro, alterações à forma como a bicicleta deve circular numa rotunda. As alterações introduzidas fazem com que um velocípede possa ocupar a via de trânsito mais à direita, mesmo que não pretenda sair na primeira saída, o que cria uma potencial situação de perigo para o ciclista. A lei em causa, não especifica qual o comportamento que deve ser adotado tanto por parte do ciclista como do condutor do veículo motorizado, uma vez que refere: “...sem prejuízo do dever de facultar a saída aos condutores que pretendam sair da rotunda”. A redação da lei coloca o ciclista numa posição em que tem de informar os restantes utilizadores da sua escolha de rota, observar se a sua escolha é segura e no final, prosseguir então o seu caminho.

2.11. Transformação do espaço rodoviário

A oferta de infraestrutura para velocípedes passará por uma transformação do espaço rodoviário dos veículos motorizados para a bicicleta. A oferta de ciclovias construídas no passeio não deve ser efetuada uma vez que tende a criar situações de conflito entre os velocípedes e os peões.

A transformação do espaço rodoviário transmite a importância dada aos diferentes tipos de transporte, uma vez que promove a utilização da bicicleta e restringe a utilização do transporte automóvel. De forma geral, envolve um ou mais dos seguintes aspetos (*Sustrains*, 2014):

- Permeabilidade filtrada;
- Remoção de uma via dedicada ao tráfego motorizado;
- Conversão das vias de tráfego em vias “BUS”;
- Redução da largura das vias;
- Diminuição das velocidades praticadas;
- Restrição da via aos veículos pesados;
- Remoção do estacionamento;
- Alteração da temporização dos sinais luminosos;
- Criação de zonas de coexistência.

As figuras seguintes pretendem ilustrar exemplos de alterações realizadas ao perfil da via, com vista a acomodar a presença de velocípedes.

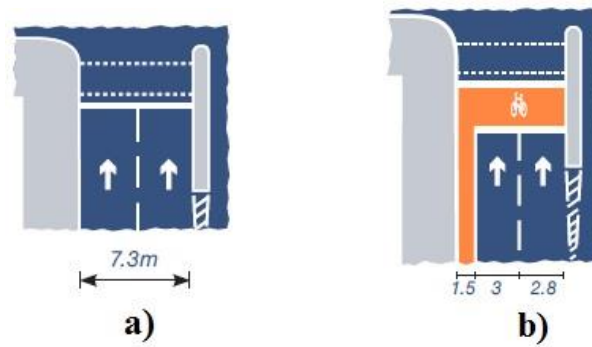


Figura 38- Transformação da faixa de rodagem (Adaptado de Sustrains, 2014): a) antes b) depois da alteração proposta.

A Figura 38 ilustra a transformação realizada no perfil da faixa de rodagem com a redução da largura dedicada ao tráfego motorizado, permitindo assim a criação de uma via ciclável e uma caixa de espera (ASL) para velocípedes na interseção.

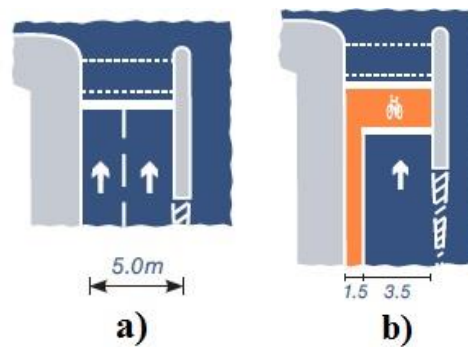


Figura 39- Transformação da faixa de rodagem (Adaptado de Sustrains, 2014): a) antes b) depois da alteração proposta.

A Figura 39 demonstra a transformação realizada no perfil rodoviário, passando o mesmo de duas vias dedicadas ao tráfego motorizado para apenas uma. A redução do número de vias para o tráfego motorizado permitiu a criação de uma via ciclável e posterior ligação a uma caixa de espera (ASL) para velocípedes na interseção.



Figura 40- Proposta de alteração da faixa de rodagem, com eliminação do estacionamento e construção de vias cicláveis (Adaptado de Sustrains, 2014).

O manual sugere outro tipo de medidas como a transformação do perfil rodoviário na qual se elimina o estacionamento e se estreita a largura da faixa de rodagem. Na Figura 40, está ilustrada as alterações descritas anteriormente. De salientar que a eliminação do estacionamento e redução da largura da via, permite a criação de uma via ciclável em cada sentido com 1,5 metros. O manual sugere ainda a remoção da linha separadora de sentidos caso a largura dedicada ao tráfego motorizado seja inferior a 5,5 metros.

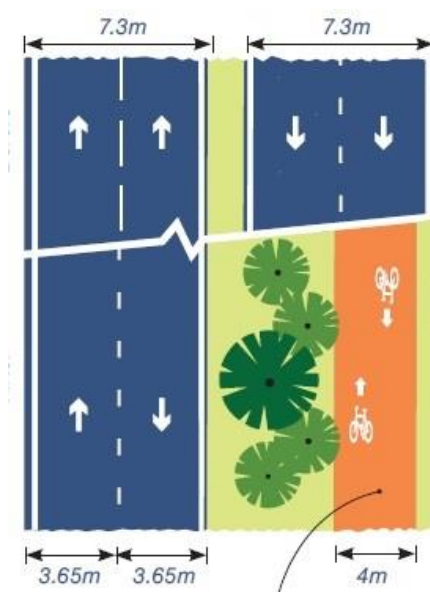


Figura 41- Proposta de eliminação de uma faixa de rodagem para criação de ciclovia segregada e aumento da largura do passeio (Adaptado de Sustrains, 2014).

A eliminação de uma faixa de rodagem quando a rua apresenta um perfil 2x2, permite a por exemplo a criação de um espaço verde e de uma ciclovía segregada com 4 metros de largura. O espaço dedicado ao tráfego motorizado passa assim de 14,6 metros para 7,3 metros. A Figura 41 demonstra o processo descrito anteriormente.

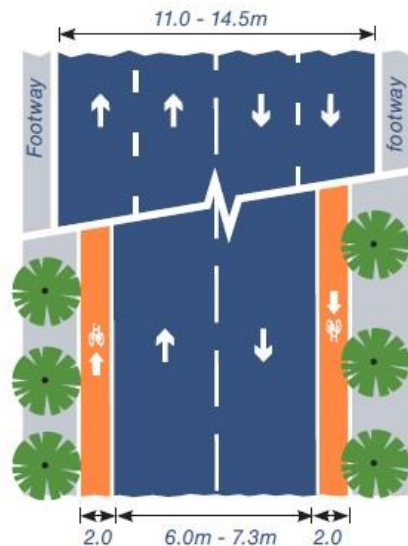


Figura 42- Redução do número de vias motorizadas para criação de uma via ciclável em cada sentido (Adaptado de Sustrains, 2014).

O manual inglês *Handbook Bicycle for Cycle* (Sustrains, 2014) sugere, conforme ilustra a Figura 42, a redução do número de vias dedicadas ao tráfego motorizado, permitindo assim a criação de uma via ciclável em cada sentido. Esta solução permite assim aumentar a largura dedicada ao peão.

2.12. Custos de implantação

O *UNC Highway Safety Research Center* publicou em 2013 um documento (*Costs for pedestrian and bicyclist infrastructure improvements*) resultante de vários estudos efetuados, que pretende estimar os custos da implantação de medidas de apoio à bicicleta. Os valores apresentados servem assim de guia para ajudar as entidades responsáveis pelo planeamento da infraestrutura rodo e ciclovária numa estimativa de custo associado com a implantação das mesmas. Com base nesse trabalho elaborou-se a Tabela 2. Como se trata de um documento americano e consequente apresentação dos custos em dólares, foi necessário transpor o valor para euros através do câmbio para do dia 17 de maio de 2017. Foi igualmente necessário transpor as unidades imperiais para unidades métricas.

Com o propósito de estabelecer um standard para as unidades apresentadas, as vias cicláveis têm 1,50 metros de largura, as ciclovias têm 2,40 metros de largura, sendo o custo apresentado por quilómetro.

De seguida, na Tabela 2 estão dispostos os valores referentes aos custos de implantação de diversas soluções apresentadas no documento referido anteriormente.

Tabela 2- Valores referentes aos custos de implantação de medidas de apoio à bicicleta (Adaptado de UNC Highway Safety Research Center, 2013).

Descrição da infraestrutura	Custo mínimo (€)	Custo médio (€)	Custo máximo (€)	Unidade de custo	Número de fontes (observações)
Via ciclável	2995	74403	299848	quilómetro	6 (6)
Rota de bicicleta sinalizada	2995	14006	35941	quilómetro	3 (6)
Rota de bicicleta sinalizada com melhorias	23962	133777	299507	quilómetro	1 (6)
Ilha de refugio	1195	7553	37033	cada	17 (19)
Ilha de refugio	667	2997	7659	metro quadrado	6 (15)
Passadeira elevada	1160	7349	27778	cada	14 (14)
Travessia elevada	11244	45461	102680	cada	5 (5)
Lomba	621	2374	6170	cada	14 (14)
Rampa de passeio	1665	12654	77992	metro quadrado	9 (15)
Vedação	50	390	1110	metro linear	7 (7)
Portão	296	818	1538	cada	5 (5)
Detetor para bicicletas	61	351	1196	cada	7 (14)

Betoneira para semáforo	55	315	2258	cada	22 (34)
Semáforo para bicicleta (contagem decrescente)	171	666	1736	cada	14 (18)
Linha de STOP	69	288	513	cada	3 (5)
ASL	-	34	-	metro quadrado	-
Símbolo de bicicleta no pavimento	20	162	540	cada	15 (39)

Destaca-se o custo de implantação de uma ASL que é relativamente baixo, o que possibilita uma massificação da sua utilização num maior número de interseções semaforizadas. Através de um método simples consegue-se melhorar a visibilidade dos peões que atravessam a interseção e salvaguardar as bicicletas que aguardam o sinal verde.

Os valores apresentados na tabela são representativos do contexto americano à data da sua divulgação.

Capítulo 3 – Caso de estudo

3. Caso de estudo

3.1. Introdução

O caso de estudo apresentado no capítulo 3 da presente dissertação teve como principal foco o estudo de uma ligação entre a Universidade de Aveiro e a Estação Ferroviária de Aveiro. É apresentada uma hierarquização da rede viária da cidade, a infraestrutura existente dedicada ao tráfego velocípede e o seu atual estado de conservação.

De seguida, apresenta-se o percurso sobre o qual se pretende realizar um estudo de microssimulação de tráfego, bem como os diferentes cenários simulados e suas características.

3.2. Hierarquização da rede viária da cidade de Aveiro

A cidade de Aveiro apresenta três nós de ligação provenientes de uma via coletora (A25), que permitem servir a cidade em diferentes pontos.

Na Figura 43, encontram-se assinaladas a cor preto os nós de ligação existentes que servem a autoestrada A25, enquanto os nós de ligação da EN109 encontram-se assinalados a cor azul.

O nó da A25/EN109 efetua a ligação entre duas vias coletoras, servindo de principal entrada para as pessoas provenientes de Norte. Ao longo do seu percurso na cidade de Aveiro, a EN109 apresenta um perfil 1x1 e 2x2, sendo que no primeiro caso as interseções são do tipo prioritário e no segundo do tipo desnivelado. Embora não seja proibitivo é altamente desaconselhável a prática de caminhada ou de ciclismo ao longo da via, pois em grande parte do percurso as condições oferecidas não são seguras. Ao longo da EN109 destaca-se a não existência de passeios e de infraestrutura dedicada ao tráfego velocípede, aliadas a uma elevada velocidade praticada pelo tráfego motorizado.



Figura 43- Principais nós de ligação da cidade de Aveiro (Adaptado de SMIGA, 2011).

O nó de ligação A25/Agras (na Figura 43 assinalada ao centro com a cor preto) faz ligação para uma via distribuidora local, e tende a servir a zona de Esgueira, oferecendo um novo acesso à Estação Ferroviária e à Av. Dr. Lourenço Peixinho. A abertura da Rua Padre Taborda, junto à Escola Secundária Dr. Jaime Magalhães Lima veio completar a ligação descrita anteriormente, não obrigando o trânsito desta forma a ter de se dirigir para o interior da cidade.

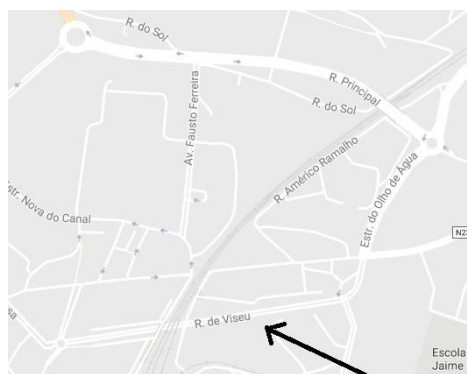


Figura 44- Rua de Viseu (Retirado de Google Maps, 2017).

O conjunto formado pela Rua Luís Carvalho, Rua de Viseu e Estrada do Olho de Água, cuja ligação a uma via coletora pode ser feita pelo Nó da A25/Agras, fornece à cidade de Aveiro uma alternativa de entrada proveniente de Norte à EN109 (Figura 44). Estas ruas foram classificadas como distribuidoras locais, tendo em conta a hierarquização funcional sugerida pelo documento (Macedo, 2013).

O nó de ligação A25/Pirâmides serve a cidade de Aveiro junto à zona das antigas salinas, sendo o nó que oferece maior acessibilidade ao centro da cidade. O condutor sai de uma via coletora e depara-se com uma rotunda, que permite aceder a duas zonas distintas da cidade através de uma distribuidora local (zona do centro) e uma distribuidora principal (Hospital e Universidade). A Rua Condessa Mumadona, classificada como distribuidora principal, oferece ligação ao Campus Universitário de Santiago e ao Hospital, apresentando um perfil 1x1 sem passeio até à primeira interseção. Após a interseção semaforizada, o perfil mantém-se e a rua passa a dispor de passeio nos dois lados.

A Avenida da Universidade, continuação da EN235 proveniente diretamente do IC2, é classificada como distribuidora principal, e converge na denominada rotunda do hospital. Desta forma, é oferecido à cidade de Aveiro uma ligação em vias distribuidoras principais pelo interior da mesma, que liga as duas vias coletoras que delimitam a cidade através dos nós de ligação A25/Pirâmides e EN109/EN235 (Figura 45).



Figura 45- Rotunda do Hospital (Retirado de Google Maps, 2017).

A criação de uma cintura com ligação na EN109, formada pela EN235, Av. da Universidade, Av. Artur Ravara, Av. Santa Joana, Av. 5 de Outubro, Av. Congresso Oposição Democrática, Av. Central e Alameda Silva Rocha formam um conjunto de vias em forma de semicírculo com perfil 2x2 que permite aceder aos diferentes pontos-chave da cidade. O conjunto das avenidas atrás enunciado é classificado como vias de distribuição local, e à exceção uma interseção luminosa, todas as restantes são feitas sob a forma de rotunda, o que permite com que o trânsito flua sem grandes constrangimentos.



Figura 46- Avenida Doutor Lourenço Peixinho (Retirado de Google Maps, 2017).

A Rua Eng. Amaro da Costa, Av. Dr. Sá Carneiro, a Av. Dr. Francisco Guimarães, e a Rua Borges são classificadas como distribuidoras locais e completam a rede viária de distribuição na parte Este da cidade. A ligação à EN109 pode ser feita através da Rua Borges ou da Av. Dr. Francisco Guimarães, o que acrescenta mais dois nós de ligação da cidade à rede viária regional (Figura 47).



Figura 47- Zona da Aveiro Expo (Retirado de Google Maps, 2011).

A Av. 25 de Abril que abrange as escolas secundárias José Estevão e Mário Sacramento, faz a ligação entre a Av. Santa Joana e a Av. Dr. Sá Carneiro. Desta forma foi classificada como distribuidora local, devido ao perfil da via (1x1 e 2x1) e ao seu volume de tráfego de atravessamento.

A Av. Dr. Lourenço Peixinho devido ao seu grande volume de tráfego de atravessamento foi classificada como distribuidora principal. Tendo a sua origem na rotunda das pontes, e dispondo de interseções reguladas por sinais luminosos, a avenida faz a ligação entre a Estação Ferroviária e o centro da cidade, fornecendo ligação à EN109 através de túnel.

A Rua do Clube dos Galitos (Figura 48) com origem na rotunda das Pirâmides e fim na rotunda das Pontes, faz a ligação entre uma via coletora e uma distribuidora principal. Devido à geometria (perfil 1x1) e funcionalidade que oferece à cidade, a mesma foi classificada como distribuidora local. É comum encontrar-se nas horas de ponta elevados níveis de tráfego nesta rua.



Figura 48- Zona centro da cidade de Aveiro (Retirado de Google Maps, 2017).

Apresenta-se na figura seguinte um mapa com a hierarquização proposta para a cidade de Aveiro. Apenas foram considerados os principais acessos rodoviários existentes na cidade, sendo que a hierarquização proposta teve como base Macedo (2013).

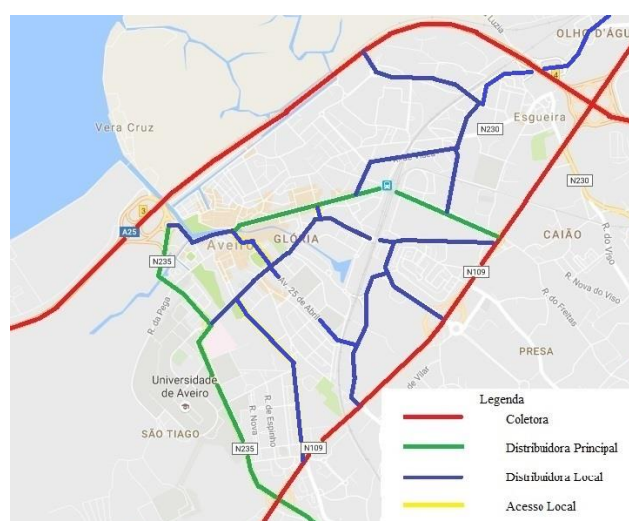


Figura 49- Tipologia das vias na cidade de Aveiro (Adaptado de Google Maps, 2017).

Através da análise da Figura 49, observa-se que a cidade de Aveiro se apresenta servida por vias coletoras nos seus limites. Tal facto assegura uma grande acessibilidade para quem se dirigir à cidade.

Nos locais de transição de via distribuidora principal para distribuidora local, que na cidade de Aveiro ocorre principalmente nas rotundas do hospital e das pontes, geram-se problemas de fluidez de trânsito. O perfil transversal da Av. Dr. Lourenço Peixinho passa de 2x2 ao

longo da mesma, sendo que as restantes saídas da rotunda das pontes apenas dispõem de perfil 1x1.

Por seu lado, a Rua Calouste Gulbenkian classificada como distribuidora principal anteriormente, dispõe de perfil 1x1. Esta pode ser considerada o principal constrangimento na rede viária estruturante que serve a cidade de Aveiro, pois as construções existentes ao redor impossibilitam o alargamento da faixa de rodagem ou da construção de qualquer outra alternativa. De facto, esta rua é a única na cidade de Aveiro que sendo classificada como distribuidora principal, apresenta um perfil 1x1.

Na Figura 49 não se encontram assinaladas vias de acesso local. Considerou-se que as restantes vias apresentam como principal função a acessibilidade aos locais, servindo essencialmente para acessos a habitações ou a comércio, sendo assim classificadas como vias de acesso local.

3.3. Caracterização da rede ciclovária da cidade de Aveiro

3.3.1. Rede existente

Com base na informação disponível no Plano de Mobilidade da Cidade de Aveiro (PMA) de 2012, a infraestrutura destinada ao tráfego de velocípedes carece de uma oferta em grande parte da cidade, estando apenas disponível em algumas ruas e/ou avenidas raramente conectadas entre si e não constituindo assim uma rede ciclável.

Na zona central da cidade, os únicos locais que dispõem de vias/locais apropriados para a circulação de bicicletas são a Av. Dr. Lourenço Peixinho, o Fórum Aveiro e a Av. Santa Joana. Fazendo parte de um dos principais percursos de tráfego velocípede de Aveiro, a Av. Dr. Lourenço Peixinho é o local que regista o maior número de bicicletas por dia, que de acordo com o PMA (*Câmara Municipal de Aveiro*, 2012) esse valor ronda os 0,78% do total dos veículos. A infraestrutura para velocípedes inicia-se junto à Estação Ferroviária prosseguindo sob a forma de via com de 1 metro até à interseção com a Rua Luís Carvalho. A partir dessa interseção a geometria da avenida altera-se, passando a dispor de uma ciclovia na zona central da mesma. As interseções seguintes onde a ciclovia é interetada dispõem de semáforo próprio para o tráfego de bicicletas, como é o caso da interseção com a Rua do Engenheiro Oudinot, Rua Dr. Alberto Souto, Rua Engenheiro Silvério da Silva e da Rua de Agostinho Pinheiro. A ciclovia termina repentinamente na interseção junto ao

Monumento de Homenagem aos Mortos da Grande Guerra, não dispondo de ligação à rede cicloviária a partir desse local.

O Fórum Aveiro dispõe paralelamente ao canal da ria existente uma ciclovia, apresentando esta uma extensão de aproximadamente 2 quarteirões, sendo possível continuar o percurso numa rede cicloviária através da Travessa do Mercado em direção à Av. Dr. Lourenço Peixinho.

Ao longo da Av. Santa Joana existe uma via de cada lado da mesma, com aproximadamente 1 metro de largura destinada ao tráfego de velocípedes. Com início na interseção com a Av. Artur Ravara a via destinada às bicicletas interseta a Rua do Loureiro e a Rua Eça de Queiroz antes de chegar à rotunda que interseta a Av. 25 de Abril, Av. 5 de Outubro e a Rua do Batalhão de Caçadores. No seguimento da Av. 5 de Outubro, a mesma cruza a Rua de Passos Manuel e a Rua Padre Arménio Júnior, onde imediatamente após a interseção a via destinada aos velocípedes termina.

Com início na Av. Congresso Oposição Democrática inicia-se uma via para velocípedes com 1 metro de largura junto ao passeio, em cada lado da mesma, delimitada por linha contínua de cor branca. A via segue todo o comprimento da avenida até à rotunda que interseta a Av. Central, onde passa a dispor de ciclovia com infraestrutura segregada do tráfego motorizado. A rotunda em causa dispõe de ciclovia no interior em 3 das 4 saídas que a compõe. Subitamente, na Av. Central após a interseção com a Rua Cerâmica do Vouga a ciclovia termina.

Com início aproximadamente a meio da Rua Eng. Amaro da Costa, inicia-se no passeio uma ciclovia com pavimento de cor verde que no seu seguimento se dirige até à Av. Dr. Sá Carneiro. A Rua Dr. Orlando de Oliveira tem presente uma via ciclável com 1 metro de largura, delimitada por faixa branca contínua, e a sua extensão deve ser considerada pequena, uma vez que termina escassos metros adiante.

A Av. Dr. Sá Carneiro possui no passeio a ciclovia proveniente da Rua Eng. Amaro da Costa, a qual se estende até à interseção com a rua de acesso ao Cais da Fonte Nova. O ciclista que segue a sua rota por essa via, vê-se obrigado a tomar especial atenção na entrada e saída da via de acesso referida anteriormente, pois os acessos cruzam a ciclovia. Imediatamente após a interseção a ciclovia termina, devendo o ciclista abandonar o passeio e juntar-se ao tráfego motorizado na via.

A Universidade de Aveiro conforme apresentado no PMA (*Câmara Municipal de Aveiro*, 2012), caracteriza-se por ser um local onde a presença de bicicletas chega ao valor de 0,53% do tráfego motorizado total, nomeadamente na rotunda junto ao Hospital. No interior do Campus Universitário, junto ao edifício da antiga reitoria, a ciclovia inicia-se imediatamente após da primeira interseção da Av. Jacinto de Magalhães, dispondo a partir desse local de infraestrutura segregada do tráfego motorizado, acabando junto ao CIFOP. É de salientar a existência de vários parques de estacionamento exclusivos para bicicletas em todo o perímetro e no interior da Universidade. Junto ao pavilhão polidesportivo inicia-se outra ciclovia que se estende até à interseção com a Rua da Pega, contornando assim o perímetro do Campus Universitário de Santiago. Ao chegar à interseção com a Rua da Pega, o ciclista dispõe de uma travessia apropriada para efetuar o atravessamento, não havendo ligação ao troço que se situa paralelamente à Rua da Pega, obrigando assim o ciclista a circular junto ao tráfego motorizado durante aproximadamente 250 metros.

Com início na interseção da Rua dos Santos Mártires, Rua Calouste Gulbenkian e Rua da Pega, existe uma ciclovia que se desenvolve paralelamente a esta última, dispondo de infraestrutura segregada do tráfego motorizado, não tendo qualquer ligação com a ciclovia existente na Universidade, como já foi referido anteriormente. Ao longo da Rua Calouste Gulbenkian, apenas em direção ao Hospital existe uma via destinada aos velocípedes, que intersesta a Rua Campus Universitário de Santiago e as ruas do Bairro da Misericórdia, antes de chegar à rotunda que intersesta a Av. Artur Ravara, Av. da Universidade e a Av. Jacinto de Magalhães. A rotunda caracteriza-se por ter uma ciclovia no interior, não se encontrando no entanto completa na sua totalidade, obrigando assim o ciclista a ter de regressar ao interior do anel de circulação caso pretenda seguir em direção à Rua Calouste Gulbenkian ou à Av. Artur Ravara.

Após obras de pavimentação junto ao Nó de saída da A25 sentido Barra/Aveiro, foi criada uma ciclovia segregada da faixa de circulação motorizada com ligação à Rua Condessa Mumadona. Na realidade foi aproveitada a antiga rua de acesso às marinhas de sal existentes ao longo da A25, acrescentando marcos separadores e barreiras *New Jersey* na fase de aproximação à cidade.

Paralelamente ao canal da ria que se desenvolve junto à autoestrada A25 existe uma ciclovia inserida no passeio. Na realidade, trata-se de uma faixa com 1 metro de largura com cor vermelha que nas suas extremidades não têm conexão com a rede ciclovária da

cidade. Desta forma, a ciclovía é apenas uma reta que permite ao ciclista fazer desporto, não tendo qualquer função de mobilidade.

3.3.2. Estado atual da infraestrutura ciclável

O PMA (*Câmara Municipal de Aveiro*, 2012) começa por salientar que existiram diferentes fases de construção da rede ciclovária da cidade de Aveiro, sem que houvesse uma real preocupação com a uniformização dos locais destinados aos velocípedes. Como tal, ao longo da cidade é possível encontrar diversos materiais, cores, disposições de via, etc.

De forma a ser possível uma melhor interpretação da infraestrutura existente, foi proposta uma divisão da mesma em seis zonas distintas: Av. Dr. Lourenço Peixinho, Fórum Aveiro, Av. Santa Joana/Av. 5 de Outubro, Zona Este da cidade, Zona do Campus Universitário e Zona Norte. Na Figura 50 encontra-se um mapa da cidade de Aveiro em que foi atribuída uma cor distinta a cada zona.



Figura 50- Zonamento da cidade de Aveiro (Adaptado de Google Maps, 2017).

3.3.2.1. Avenida Doutor Lourenço Peixinho

A via ciclável iniciada junto à Estação Ferroviária é constituída pelo o mesmo material presente na faixa de rodagem, paralelepípedos de pedra. Com a largura de 1 metro junto ao passeio, nas zonas de interseção a linha branca que delimita a faixa passa a tracejado. Junto à interseção com a Rua do Senhor dos Aflitos a via destinada aos velocípedes termina

(Figura 51), existindo no local uma passadeira e um sinal vertical a indicar qual o caminho que o ciclista deve prosseguir.



Figura 51- Travessia para velocípedes na Av. Dr. Lourenço Peixinho (Google Street View, 2017).

A partir desse local, a ciclovía passa a ser localizada no separador existente entre as duas faixas de rodagem e apresenta carácter bidireccional, passando o material constituinte de calçada portuguesa para pavimento betuminoso.

Após intersecção da avenida com a Rua Engenheiro Oudinot, o pavimento betuminoso é substituído por calçada portuguesa, passando a existir marcos no pavimento a informar os limites da ciclovía, conforme demonstrado na Figura 52.



Figura 52- Ciclovía presente na Av. Dr. Lourenço Peixinho.

Situada aproximadamente ao centro da avenida encontra-se a intersecção regulada por sinais luminosos com a Rua Dr. Alberto Souto. No local, o ciclista encontra um semáforo com uma fase própria para a sua utilização. De salientar que o ciclista apenas dispõe de sinal verde ao mesmo tempo que o tráfego motorizado que segue em frente, evitando-se desta forma potenciais conflitos de cruzamento. Devido ao elevado número de atravessamentos que se realizam na intersecção, a tinta que serve de guia ao ciclista durante a intersecção encontra-se gasta, estando desta forma praticamente impercetível.

Nas proximidades da intersecção com a Rua Agostinho Pinheiro, a falta de cuidados de manutenção que se verifica nas árvores do passeio, cria problemas de visão e de obstrução

da via (Figura 53), criando dificuldades de circulação ao ciclista que tenta prosseguir o seu caminho.



Figura 53- Exemplo de obstáculo presente na Av. Dr. Lourenço Peixinho (Fonte própria, 2017).

O ciclista pode seguir pela ciclovia até à interseção com a Rua Conselheiro Luís de Magalhães, onde encontra uma falta de infraestrutura dedicada à bicicleta a partir desse local, vendo-se obrigado a regressar à faixa de rodagem e a circular na via junto ao tráfego motorizado, como já foi referido anteriormente.

3.3.2.2. Fórum Aveiro

O Fórum Aveiro possui ao longo da sua extensão junto à ria, denominada Rua Homem de Cristo, uma ciclovia em bloco de pedra colorido com início na Rua do Batalhão de Caçadores 10 do lado poente, e final a nascente junto à ponte que permite acesso à Loja da Buga. De salientar que as condições de acesso do lado poente, junto ao passeio da Rua do Batalhão de Caçadores 10 não favorecem a utilização do percurso (Figura 55). A rua anteriormente referida não possui nenhuma via adicional destinada aos velocípedes, nem uma rampa de acesso que permita ao ciclista evitar desmontar a bicicleta a fim de ultrapassar o obstáculo.

A delimitação da ciclovia presente no Fórum Aveiro é realizada através de marcos vermelhos no pavimento (Figura 54), que indicam ao ciclista quais os limites do espaço para ele reservado. Esta solução devido ao colorido do pavimento acaba por resultar numa difícil perceção dos mesmos, fator de perigo que é reduzido devido à elevada largura da zona onde a ciclovia se encontra instalada e da proibição de circulação de tráfego motorizado na zona.



Figura 54- Ciclovía presente no Fórum Aveiro.



Figura 55- Acesso à ciclovía existente no Fórum Aveiro.

Do lado nascente do Fórum Aveiro a ciclovía possui ligação através de ponte à Loja da Buga, local onde é permitido alugar as bicicletas pertencentes ao projeto homónimo. A ciclovía segue por calçada portuguesa pela Travessa do Mercado em direção à Av. Dr. Lourenço Peixinho.

3.3.2.3. Avenida Santa Joana/Avenida 5 de Outubro

A Av. Santa Joana inicia-se na interseção da Av. Artur Ravara, com a Av. de Araújo e Silva e a Rua Capitão Sousa Pizarro. A sua origem numa interseção semaforizada (Figura 56), coincide com o início/fim da via destinada aos velocípedes, que à data da obtenção das fotografias se encontra em mau estado de conservação.

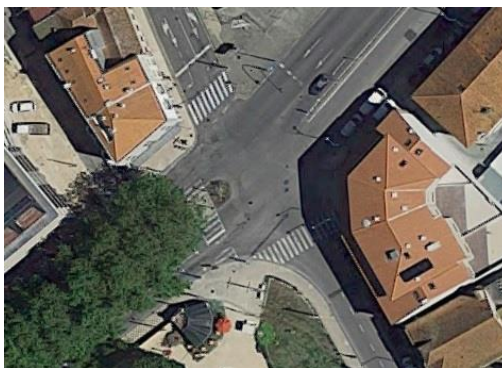


Figura 56- Vista aérea da interseção existente no final da Av. Santa Joana (Google Maps, 2017).

Na continuação da avenida em direção à Sé de Aveiro, a mesma interseção a Rua Gustavo Pinto Basto, a Rua do Loureiro e a Rua Eça de Queiroz, onde o traço contínuo que delimita a via é substituído por tracejado nas interseções. Foi possível constatar no local que a tinta que delimita a via ciclável não se encontrava nítida; inclusive na interseção da Rua Gustavo Pinto Basto não apresenta qualquer vestígio de tinta assinalada, existindo no local somente sinalização horizontal de cor branca no pavimento.

Sucessivas obras de conservação do pavimento, sem que existisse a verdadeira preocupação de voltar a pintar as linhas delimitadoras, fizeram com que o troço desde o final do Museu Santa Joana até à Rua Gustavo Pinto Basto não apresente, com clareza, limites para a via ciclável.

A rotunda junto à Sé de Aveiro que interseção a Av. Santa Joana, Av. 25 de Abril, Av. 5 de Outubro e a Rua do Batalhão de Caçadores apresenta de igual forma pinturas no pavimento em mau estado de conservação nas margens delimitadoras da via para velocípedes. A rotunda tem disposta uma ciclovia no interior que não abrange todo o anel de circulação, não existindo qualquer distinção de material ou de cor, em relação ao restante anel de circulação (Figura 57).

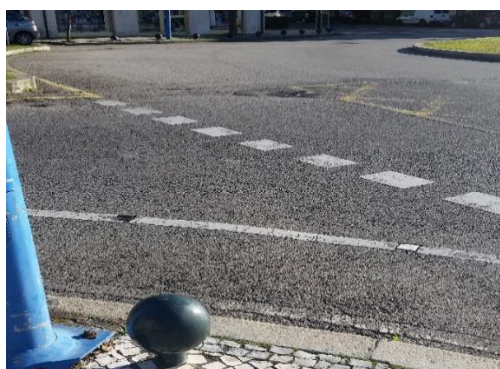


Figura 57- Via ciclável presente na rotunda da Sé.

Quem segue a sua viagem pela Av. 5 de Outubro, encontra uma interseção com a Rua de Passos Manuel. As pinturas do pavimento no local encontram-se quase impercetíveis devido ao elevado número de veículos que a atravessam e à falta de manutenção.

A via indicada, termina imediatamente após a interseção com a Rua Padre Arménio Júnior, obrigando desta forma o tráfego de velocípedes a juntar-se com o restante tráfego motorizado (Figura 58). As elevadas velocidades praticadas no local, apesar da limitação legal de 50 km/h, aliadas ao estreitamento da faixa no local criam uma potencial zona de perigo.



Figura 58- Via ciclável presente na Av. 5 de Outubro.

A continuação da Av. 5 de Outubro até à rotunda onde a Av. Congresso Oposição Democrática e a Rua Engenheiro Oudinot se interseitam, não dispõe de qualquer zona/via canalizada especificamente para o tráfego velocípede.

3.3.2.4. Zona Este da cidade

O ciclista que provenha da Av. 5 de Outubro, apenas volta a dispor de uma via dedicada para velocípedes na Av. Congresso Oposição Democrática, onde as marcas do pavimento se encontram num razoável estado de manutenção, sendo facilmente identificáveis os símbolos no pavimento.

A rotunda que interseita a Av. Congresso Oposição Democrática, Av. Central e a Rua Carlos Guimarães apresenta uma ciclovia no interior, não estando completa na totalidade do seu anel de circulação. Um aspeto negativo para a segurança do ciclista que foi possível verificar no local, foi a falta de espaço existente entre a zona de paragem de quem aguarda

entrar na rotunda da ciclovia, o que pode resultar em tráfego motorizado parado em cima da via ciclável.

Paralelamente à Av. Central é possível encontrar uma ciclovia segregada que obriga os ciclistas a terem de se desviar dos sinais de trânsito que estão dispostos à entrada da mesma. Nesse local em particular, o pavimento encontra-se em mau estado, existindo zonas com agregados soltos onde originalmente existia pavimento betuminoso.

Na aproximação à interseção da Av. Central com a Rua Cerâmica do Vouga encontra-se uma curva de raio reduzido, que obriga o ciclista a ter de reduzir drasticamente a sua velocidade. Após o ciclista atravessar a interseção onde não existe uma especial atenção à sua presença (Figura 59), a ciclovia termina sem que exista um sinal ou uma indicação que lhe indique qual o caminho mais seguro para prosseguir o seu percurso.



Figura 59- Travessia para peões e velocípedes existente na Rua Cerâmica do Vouga (Adaptado de Google Maps, 2017).

Ao longo da Rua Eng. Amaro da Costa foi criada no passeio uma ciclovia em betonilha de cor verde, que se encontra em bom estado de conservação, até à rotunda que intersesta a Av. Dr. Sá Carneiro e a Av. Doutor Francisco Guimarães. A rotunda originalmente criada de forma a que a ciclovia fosse no interior, neste momento e após obras de requalificação do pavimento deixou de ter infraestrutura para o ciclista. Antes da realização das obras, a rotunda apresentava uma ciclovia no interior, embora de forma incompleta. Neste momento, o ciclista efetua a sua viagem juntamente com o tráfego motorizado, dispondo de rampas de acesso que permitem ingressar na ciclovia existente no passeio adjacente.

A Av. Dr. Sá Carneiro apresenta a continuação da ciclovia proveniente da Rua Eng. Amaro da Costa, realizada em betonilha de cor verde do lado direito da mesma, encontrando-se num bom estado de conservação. Após a interseção da rua proveniente do Cais da Fonte Nova, a ciclovia termina sem que o ciclista note, registando-se somente uma diferença na

cor do pavimento, não existindo no local qualquer sinalização a informar o ciclista sobre o fim da mesma.

3.3.2.5. Zona do Campus Universitário de Santiago

Junto ao edifício da antiga reitoria da Universidade de Aveiro, o ciclista depara-se com a falta de sinalização vertical que informe o mesmo sobre a existência de uma ciclovia. Ao percorre-la, foi possível constatar que junto ao Departamento de Materiais, as colunas de suporte do edifício encontram-se colocadas na ciclovia (Figura 60), reduzindo consideravelmente o espaço disponível para a bicicleta.



Figura 60- Ciclovia presente junto ao Departamento de Materiais.

Não obstante a falta de segurança resultante do problema referido anteriormente, o pavimento nesta zona encontra-se em mau estado de manutenção, existindo fendas transversais e assentamentos do piso.

O ciclista ao percorrer a ciclovia, quando se aproxima do CIFOP depara-se com uma boca de incêndio instalada no interior da mesma (Figura 61). O dispositivo de emergência retira largura útil à ciclovia, além de constituir um perigo adicional devido à sua constituição metálica.



Figura 61- Dispositivo de emergência existente na ciclovia junto ao CIFOP.

A existência de um parque de estacionamento totalmente dedicado a bicicletas junto ao CIFOP constitui um ponto favorável na rede cicloviária. No entanto, aquando da construção da rede cicloviária do Campus Universitário de Santiago devia ter sido planeada a ligação das diferentes ciclovias existentes no seu interior. O ciclista que faça o trajeto desde a antiga reitoria, chega a este local e vê-se obrigado a ter de parar e prosseguir pela via juntamente com o restante tráfego motorizado. A manobra além de gastar tempo desnecessariamente, acrescenta o perigo de ingressar numa via onde circula um grande número de veículos.

Junto à ponte de acesso à zona do Crasto, a ciclovia existente apresenta zonas onde o pavimento se encontra em muito mau estado para a prática segura de ciclismo. Foi possível observar locais onde o pavimento se encontra destacado e com fissuras, a existência de caixas de visita de águas residuais e de grades no interior da ciclovia (Figura 62 e 63).



Figura 62- Degradação existente na ciclovia junto ao Departamento de Comunicação e Arte.



Figura 63- Degradação existente no pavimento da ciclovia junto ao Departamento de Comunicação e Arte.

Junto às traseiras do Departamento de Matemática, o maior problema associado com a ciclovia deve-se ao estacionamento recorrente de automóveis em local indevido. Esta atitude por parte dos condutores desses veículos, força o ciclista a ter de circular na via destinada ao tráfego motorizado, prejudicando claramente a sua segurança. O utilizador que deseje seguir o seu percurso pela Rua da Pega, vê-se então obrigado a fazê-lo junto ao tráfego motorizado, pois do lado da faixa de rodagem onde existe espaço para uma ciclovia, a mesma não se encontra construída.

Na ciclovia existente ao longo da Rua da Pega, o estacionamento proibido (Figura 64) constitui a maior ameaça à segurança de quem pretenda circular naquela infraestrutura. Ao longo dos últimos anos, a polícia reforçou as sanções contra o estacionamento indevido, mas sem efeito definitivo, uma vez que diariamente ainda é possível encontrar a ciclovia com veículos estacionados.



a)



b)

Figura 64- a) e b) - Estacionamento indevido ao longo da ciclovia existente na Rua da Pega.

Ao longo da Rua Calouste Gulbenkian o ciclista pode encontrar uma via dedicada. Devido ao elevado tráfego que a rua apresenta e à falta de manutenção, em alguns pontos a marcação que delimita a mesma encontra-se em mau estado de conservação. O ciclista encontra ao longo da rua sinais de anteriores intervenções ao nível da infraestrutura, que não foram realizadas corretamente. Como tal, o ciclista no seu percurso depara-se com buracos e assentamentos de pavimento.

A ciclovia existente paralela à A25 com ligação à Rua Condessa Mumadona apresenta, após as obras a que foi sujeita a zona do nó de saída da autoestrada, boas condições de circulação para os velocípedes. Aquando da realização das obras, foi realizada uma repavimentação e acrescentados dispositivos de separação física, como referido anteriormente. Juntamente com uma elevada largura da ciclovia, é assim assegurada ao ciclista maior segurança nesse percurso. No entanto, a mesma termina repentinamente junto ao acesso proveniente da autoestrada, fazendo com que o ciclista tenha de regressar à faixa de rodagem para poder prosseguir o seu percurso.

A rotunda da interseção da Av. Artur Ravana, Av. da Universidade, Av. Jacinto Magalhães e da Rua Calouste Gulbenkian apresenta uma ciclovia no interior que não completa a totalidade do anel de circulação, sendo que na saída para a Av. da Universidade a marcação encontra-se gasta (Figura 65). É igualmente comum encontrar veículos estacionados em cima da ciclovia, que obrigam o ciclista a circular no interior de uma rotunda com elevado tráfego motorizado.



Figura 65- a) e b) - Infraestrutura dedicada ao velocípede presente na rotunda do Hospital.

3.3.2.6. Zona Norte

Constituída por um pavimento de cor vermelha, a ciclovia apresenta bons sinais de conservação, não sendo visíveis buracos de grande dimensão. De salientar que não foi possível verificar a existência de aglomerados de água, pois aquando do levantamento das condições do local, as condições meteorológicas eram boas.

3.3.3. Limitações da Rede Ciclovitária

A rede ciclovitária da cidade de Aveiro apresenta limitações nomeadamente ao nível das conexões entre os diferentes troços existentes e ao nível do padrão de soluções adotado.

Ao efetuar o levantamento das condições da infraestrutura para deslocações em bicicleta, foi notória a falta de conexão entre as ciclovias existentes nos diferentes locais da cidade. O próprio PMA (2012) informa sobre este problema, e aponta como justificação os diferentes projetos de intervenção pública.

Ao nível das rotundas, foi possível verificar nas que intersejam a Av. Artur Ravara até à Av. Central, que a ciclovie não se encontrava completa. Desta forma, o ciclista que percorre o anel de circulação se pretender ingressar numa direção que não seja abrangida pela ciclovie tem de regressar ao interior da rotunda e juntar-se ao restante tráfego. Nesta situação, o ciclista vê-se obrigado a parar na rotunda se o veículo não lhe ceder passagem, podendo colocar-se em perigo.

A Rua Condessa Mumadona não apresenta ligação à rede ciclovitária da cidade de Aveiro, pois a ciclovie existente termina subitamente junto ao acesso proveniente da A25. A partir desse local até à interseção com a Rua da Pega o tráfego passa a ser misto, numa das zonas de acesso à cidade onde se regista maior volume de transito motorizado.

A falta de existência de sinalização vertical, que informe tanto o ciclista como o condutor de um veículo que vai entrar numa via onde podem circular bicicletas junto ao restante tráfego é uma prática frequentemente encontrada na cidade, e que em alguns locais específicos como o caso da Av. 5 de Outubro tende a criar perigo aos utilizadores.

As diferentes fases de expansão da rede ciclovitária sem a adoção de uma solução concreta para os materiais, cores, configurações fizeram com que ao longo da cidade de Aveiro seja possível observar um leque de soluções distintas adotadas. Por exemplo, ao longo da Av. Dr. Lourenço Peixinho encontram-se 3 soluções de materiais e cores distintas.

3.4. Rede viária e rede ciclovitária

O levantamento da infraestrutura viária existente na cidade de Aveiro, abordado na secção 3.2, permitiu efetuar uma hierarquização de vias tendo em base *Macedo* (2013). Da proposta apresentada, o condutor pode chegar ao centro da cidade através de vias distribuidoras principais e vias distribuidoras locais.

Como já foi apresentado anteriormente, a rede ciclovitária não permite ao ciclista fazer a ligação entre dois pontos opostos da cidade exclusivamente através de vias dedicadas para o efeito.

Da hierarquização viária proposta, as vias distribuidoras principais são a Av. Dr. Lourenço Peixinho que liga diretamente da EN109; a Rua Condessa Mumadona, a Rua Calouste Gulbenkian e a Av. da Universidade que em conjunto formulam um eixo de ligação entre as duas vias coletoras de acesso à cidade, a A25 e a EN109.

A Av. Dr. Lourenço Peixinho classificada como distribuidora principal devido ao elevado tráfego de atravessamento a que está sujeita, dispõe de ciclovia no separador principal com uma extensão aproximada de 700 metros, ao qual se acrescentam mais 200 metros de via dedicada junto à estação ferroviária.

A Rua Condessa Mumadona, Rua Calouste Gulbenkian e a Av. da Universidade todas classificadas como vias distribuidoras principais devido ao elevado tráfego de atravessamento a que estão sujeitas, nomeadamente durante as horas de ponta. De salientar que a infraestrutura ciclovitária no local abrange apenas parte da R. Condessa Mumadona e a Rua Calouste Gulbenkian. Desta forma, a Av. da Universidade e parte da rotunda do Hospital não apresentam infraestrutura dedicada a velocípedes.

A Av. Artur Ravara, classificada como distribuidora local, sofreu obras de requalificação, nomeadamente ao nível do pavimento e paisagem. Com o objetivo de reduzir as velocidades praticadas (atualmente de 30 km/h) na avenida foram introduzidas elevações de piso, razão pela qual a via não dispõe de infraestrutura para velocípedes.

Na Av. Santa Joana, classificada de igual forma como distribuidora local, apresenta uma via dedicada aos velocípedes em ambas as direções junto ao passeio. A continuação da avenida, denominada 5 de outubro a partir da rotunda junto à Sé Catedral, deixa de apresentar uma via ciclável após interseção com a Rua Padre Arménio.

Somente na Av. Congresso Oposição Democrática (distribuidora local) o velocípede encontra infraestrutura para a sua convivência com o tráfego motorizado, sendo que a mesma não passa de uma via ciclável junto ao passeio.

Nesta zona da cidade, anteriormente denominada zona este, as vias distribuidoras locais existentes com infraestrutura para velocípedes são a Rua Eng. Amaro da Costa e a Av. Dr. Sá Carneiro.

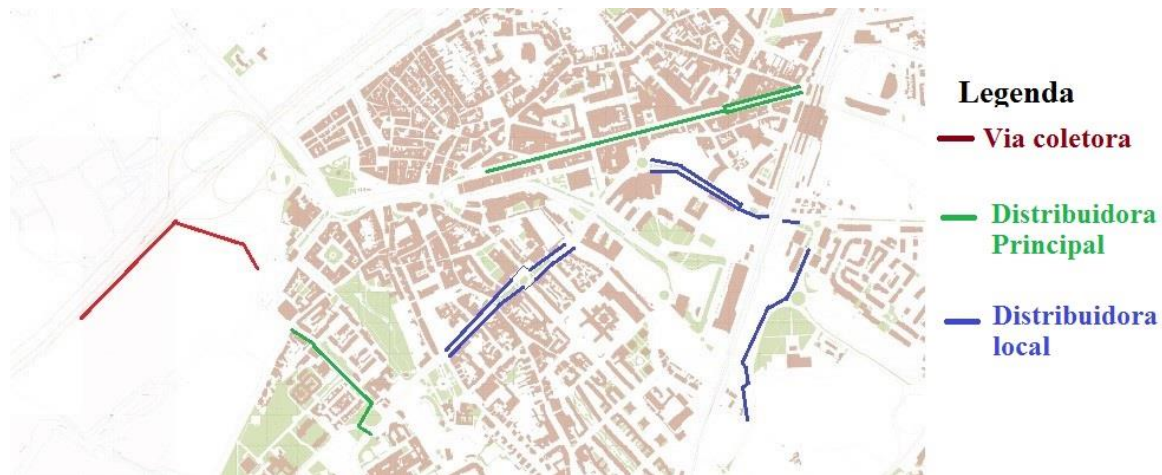


Figura 66- Localização da infraestrutura dedicada ao velocípede cruzada com a distribuição hierarquia (Adaptado de SMIGA, 2016).

A Figura 66 resulta do cruzamento da rede viária com a rede cicloviária existente na cidade de Aveiro. Através da observação da figura, salienta-se que na zona centro da cidade o ciclista encontra uma fraca cobertura de infraestrutura ao seu dispor. Nas vias com maior volume de tráfego, que na figura são apresentadas com cor vermelha, verde e azul, representando vias coletoras, distribuidoras principais e distribuidoras locais respetivamente, o ciclista tem ao seu dispor ciclovias no caso da Av. Dr. Lourenço Peixinho e uma via ciclável junto ao passeio nos restantes casos.

A falta de infraestrutura dedicada ao velocípede faz com que no centro da cidade e na periferia de acesso, o ciclista seja forçado a circular junto ao tráfego motorizado que nas horas de ponta atinge grande volume.

Foi desenvolvido no PMA (*Câmara Municipal de Aveiro, 2012*) um indicador do desempenho da via tendo em conta o fator de insegurança a que uma bicicleta está sujeita na mesma, através do cálculo do nível de stress do ciclista. Este indicador tem em consideração:

- Velocidade máxima legal da via;
- Volume de tráfego motorizado;
- Percentagem de veículos pesados na via;
- Largura da via exterior;
- Interferências e obstáculos presentes.

O nível de *stress* do ciclista apresentado no documento tem como base a Figura 67.

Nível de Stress	Velocidade Velocidade máxima legal (km/h)	Tráfego Veículos / hora / via	Pesados Porcentagem de Pesados	Via Exterior Largura da via exterior (m)	Interferências Quadrantes e entradas de parques públicos por km
1	<40	<50	<2%	>4,6 (ou existência de ciclovia exclusiva)	<6
2	50	51-150	4%	4.3	13
3	60	151-250	6%	4.0	19
4	65	251-350	8%	3.7	25
5	>75	351-450	>10%	<3.3	>31

Figura 67- Nível de stress do ciclista (*Câmara Municipal de Aveiro, 2012*).

Ao efetuar a soma dos diferentes níveis de stress encontrados na via, conjugado com a média do nível de stress, é possível desta forma encontrar o nível de stress da rua em questão.

Soma do Nível de Stress	Média do Nível de Stress	Adequação da Via à Circulação Ciclista
< 7	1	A via é segura para todos o tipos de ciclistas
7-12	2	A via pode ser utilizada por ciclistas experientes ou esporádicos mas precisa de melhorias para a utilização por parte de crianças
13-17	3	A via pode ser utilizada por ciclistas experientes mas precisa de melhorias para a utilização por parte de ciclistas esporádicos ou crianças
18-22	4	A via necessita de melhorias para ser utilizada por ciclistas experientes e não é recomendável para ciclistas esporádicos e crianças
>22	5	Não recomendável para qualquer tipo de ciclista

Figura 68- Adequação da via à circulação de velocípedes (*Câmara Municipal de Aveiro, 2012*).



Figura 69- Nível de stress presente na rede viária (Câmara Municipal de Aveiro, 2012).

Ao analisar a informação disponível na Figura 69, salienta-se que no interior da cidade o nível de stress não ultrapassa o nível 3. A Av. Dr. Lourenço Peixinho classificada como via distribuidora principal apresenta em grande parte nível de stress 2, apresentando pontualmente nível de *stress* 3, nomeadamente entre a Rua Luís Carvalho e a Rua Eng. Von Haff, bem como nas restantes interseções existentes ao longo da mesma. Como as interseções na avenida a partir da Rua Eng. Oudinot são reguladas por sinais luminosos com fase própria, o fator perigo acaba por ser minimizado.

É possível encontrar pontualmente nível de *stress* 4 em parte das rotundas do Hospital, da Rua Mário Sacramento, das Pontes, da Rua de Viseu, da Av. Central, do Glicínias, da Rua Von Haff. Este facto pode ser explicado devido à não existência de infraestrutura dedicada à bicicleta, que obriga o ciclista a atravessar as saídas para prosseguir o seu caminho.

O nível 1, caracteriza a via como segura para todos os ciclistas, apresentando-se em locais onde o tráfego para a bicicleta é feito através de ciclovias separadas do tráfego motorizado ou locais onde não existe tráfego motorizado. Na cidade de Aveiro, destacam-se as seguintes zonas:

- Zona Norte – ciclovias existentes paralela ao Cais dos Remadores Olímpicos;
- Zona do Campus Universitário - ciclovias da Rua da Pega e do Campus;
- Zona do Fórum Aveiro – ciclovias junto ao canal da ria;
- Cais da Fonte Nova – continuação da ciclovias/percurso da zona do Fórum Aveiro.

Através da Figura 69, fica notória a falta de conexão entre as denominadas vias “seguras”, atribuídas com nível de *stress* 1 existentes ao longo da cidade.

3.5. Propostas de percursos UA/Estação CP pela Universidade de Aveiro

Nos últimos anos tem sido realizada uma ação de sensibilização para a utilização da bicicleta destinada aos novos estudantes da Universidade de Aveiro. Esta ação, inserida no Programa de Acolhimento aos Novos Estudantes da UA, promovida pela própria universidade através da Plataforma Tecnológica da Bicicleta e da Mobilidade Suave (PTBMS), tem como objetivo incentivar o uso da bicicleta nos trajetos realizados entre a UA e a Estação Ferroviária, assim como dar a conhecer diferentes plataformas de apoio à bicicleta existentes na UA e na cidade.

No panfleto distribuído aos estudantes são apresentados dois percursos alternativos, numerados com o número 1 e 2 respetivamente, que serão analisados em seguida.



Figura 70- Percursos apresentados pela UA (UA, 2016).

O percurso 1, na Figura 70 marcado com cor verde, apresenta uma distância de aproximadamente 2,7 quilómetros, passando o seu percurso pelo Campus Universitário, Avenida Artur Ravares, Avenida Santa Joana, Rua Batalhão de Caçadores 10 e Avenida Dr. Lourenço Peixinho.

Por seu turno, o percurso 2 representado na Figura 70 com cor vermelha, apresenta uma extensão de aproximadamente 2,4 quilómetros, sendo o seu percurso constituído pelo Campus Universitário, Avenida Artur Ravara, Avenida Santa Joana, Avenida 5 de Outubro, Avenida Congressos Oposição Democrática e Rua do Senhor dos Aflitos.

Vantagens e Desvantagens

O percurso 1 ao apresentar parte do percurso pela Av. Dr. Lourenço Peixinho oferece a possibilidade de circulação numa ciclovia segregada com uma extensão aproximada de 700 metros, equipada com semáforos dedicados. Acresce ainda que o ciclista circula por vias onde o tráfego tende a circular com menor velocidade, nomeadamente na Rua do Batalhão de Caçadores 10. No entanto, o percurso 1 tem um maior número de interseções e uma maior distância.

O percurso 2 oferece uma menor distância ao utilizador e um número inferior de interseções que o mesmo tem de atravessar. Por seu lado, o percurso 2 tende a realizar-se por ruas/avenidas onde é oferecido ao tráfego motorizado condições para o mesmo circular com maior velocidade.

Ao comparar a informação disponível no panfleto com a hierarquização da rede rodoviária proposta e com a informação sobre os níveis de *stress* para o ciclista disponíveis no PMA (2012), os dois trajetos apresentados não ultrapassam o nível de *stress* 3 (via para utilizadores experientes).

Na Av. Artur Favara (via de acesso local) o nível de *stress* que um ciclista se encontra sujeito é de nível 3. A rotunda do Hospital, devido a ser um ponto central da rede viária foi classificada como nível 4 para o ciclista. Como tal, a rotunda necessita de ser feita com o máximo de cuidado possível, especialmente se os seus utilizadores forem ciclistas inexperientes.

A Av. Artur Ravara (distribuidora local), coincidente aos dois percursos sugeridos, aparece classificada como nível de *stress* 3. Embora as velocidades praticadas sejam moderadas, a via está sujeita a grandes volumes de tráfego, em especial nas horas de ponta da manhã e da tarde.

A Av. Santa Joana (distribuidora local), passa a dispor de uma via ciclável, encontra-se classificada com o nível de *stress* 2, podendo a via ser utilizada inclusive por ciclistas esporádicos.

A partir da rotunda da Sé Catedral, os percursos seguem caminhos distintos, o percurso 1 segue para a Rua Batalhão de Caçadores 10 e o percurso 2 segue para a Av. 5 de Outubro.

Primeiramente será analisado o nível de *stress* que um ciclista se encontra sujeito se a partir da interseção junto à Sé Catedral resolver escolher o percurso 1.

A Rua do Batalhão de Caçadores 10, classificada como via distribuidora local, apresenta um nível de *stress* que varia entre o 2 e o 3. Tal pode ser explicado devido à não existência de infraestrutura apropriada para velocípedes e a rua servir como passagem para o tráfego de atravessamento da cidade.

A rotunda das pontes apresenta uma topografia invulgar e pavimento de paralelo. Por ser a interseção que une três das principais vias de acesso ao centro da cidade, a rotunda encontra-se classificada com o nível de *stress* 4 no PMA (*Câmara Municipal de Aveiro*, 2012).

De forma a chegar à Estação Ferroviária o ciclista necessita apenas de percorrer toda a Av. Dr. Lourenço Peixinho que foi classificada como distribuidora principal na hierarquização viária proposta anteriormente. A avenida apresenta uma ciclovía disposta no separador central e as interseções luminosas têm fase própria para o tráfego de bicicletas. Por esta razão a avenida apresenta um nível de *stress* 2 ao longo da mesma, exceção feita na zona das interseções e entre a Rua Eng. Von Haff e a Rua de Viseu, onde é classificada com nível de *stress* 3.

Um ciclista que opte por escolher o percurso 2, na rotunda junto à Sé Catedral segue viagem pela Av. 5 de Outubro. A avenida foi classificada como distribuidora local na hierarquização viária e apresenta uma via dedicada aos velocípedes até à Rua Padre Arménio Júnior. Durante esse trajeto, o PMA (*Câmara Municipal de Aveiro*, 2012) propõe uma classificação de nível de *stress* 3. Uma razão que pode ser apontada deve-se ao facto de a via ciclável encontrar-se em más condições de manutenção, estando as marcações do pavimento bastantes degradadas em alguns locais, como é possível ver através da Figura 58.

A partir desse local até à rotunda que intersesta a Rua Eng. Oudinot o ciclista enfrenta uma falta de infraestrutura para a prática segura de ciclismo. Esse troço foi igualmente

classificado com o nível de *stress* 3, sendo que a configuração da via permite ao tráfego motorizado a prática de velocidades elevadas, embora não seja legalmente permitido.

No seguimento do percurso, o ciclista encontra uma rotunda sem infraestrutura apropriada para tráfego velocípede, que foi classificada como nível de *stress* 4. A falta de infraestrutura apropriada para a circulação segura de velocípedes, aliada ao perfil da via 2x2 pode criar potenciais conflitos.

O percurso 2 sugere que se siga pela Av. Congressos Oposição Democrática, classificada de igual forma como distribuidora local. A avenida apresenta uma via dedicada para tráfego velocípede em cada lado junto ao passeio, estando num razoável/bom estado de conservação. Assim a via foi classificada com o nível de *stress* 2.

De forma a chegar à Estação Ferroviária, o ciclista segue para a Rua do Senhor dos Aflitos através da rotunda disposta no final da avenida. Essa interseção foi classificada com o nível de *stress* 3, e apresenta infraestrutura para tráfego velocípede embora incompleta.

A Rua do Senhor dos Aflitos trata-se de uma via de acesso local, caracterizando-se desta forma pelas baixas velocidades praticadas. A rua foi classificada com o nível de *stress* 2, com exceção da chegada à estação onde o nível de *stress* sobe para o 3.

3.6. Percurso escolhido para estudo

Partindo dos percursos anteriormente apresentados, foi necessário efetuar uma escolha sobre qual seria o percurso a ser estudado. A decisão recaiu sobre o percurso 1, uma vez que o mesmo apresenta, conforme é possível verificar no PMA (Câmara Municipal de Aveiro, 2012), maior volume de velocípedes ao longo do mesmo. Sendo o objetivo da presente dissertação estudar medidas de apoio à bicicleta em interseções rodoviárias, a opção recaiu sobre a escolha anteriormente referida, por esta apresentar igualmente um maior número de interseções.

Foi realizada uma alteração ao percurso original, na zona da Universidade para que os estudantes possam realizar a deslocação com maior segurança, pois encontra-se disponível uma ciclovia segregada do tráfego motorizado no interior do Campus Universitário, fazendo ligação à rotunda do Hospital onde o percurso originalmente proposto passa.

Assim, o percurso escolhido está representado na Figura 71.

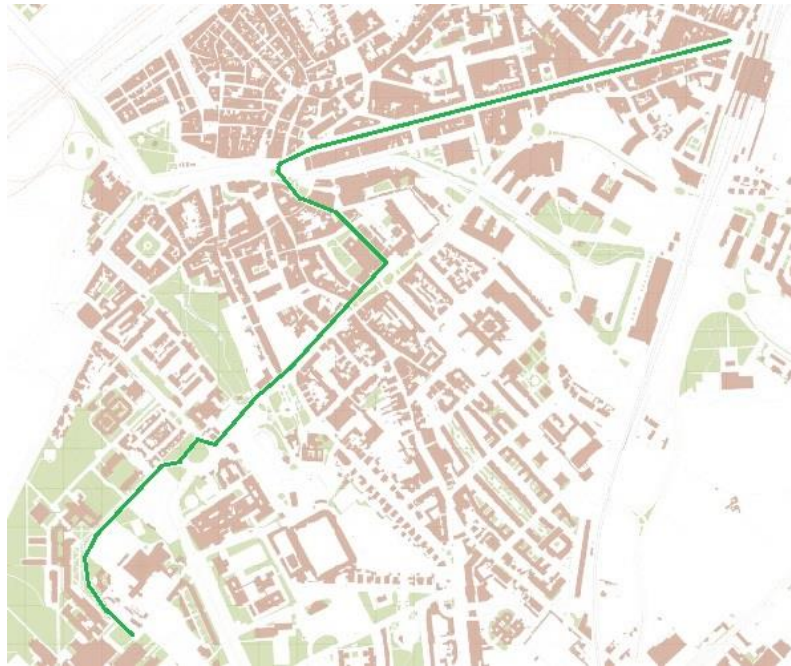


Figura 71- Percurso escolhido para o caso de estudo (Adaptado de Google Maps, 2017).

O percurso sobre o qual incidiu o estudo possui ao longo da sua extensão cerca de 20 interseções, sendo as mesmas classificadas em interseções prioritárias, interseções semaforizadas e rotundas. Em seguida, na Tabela 3 está disposto um resumo informativo sobre o tipo de interseções encontradas ao longo do percurso. De forma a uma melhor compreensão, o sentido considerado é o Universidade/Estação Ferroviária.

Tabela 3- Classificação das interseções ao longo do percurso.

Interseção	Tipologia das interseções
1	Prioritária
1A	Prioritária
2	Rotunda
3	Com sinais luminosos
3A	Prioritária
4	Prioritária
5	Prioritária
6	Rotunda
7	Prioritária

8	Prioritária
9	Prioritária
10	Rotunda
11	Prioritária
12	Com sinais luminosos
13	Com sinais luminosos
14	Com sinais luminosos
15	Com sinais luminosos
16	Prioritária
17	Prioritária
18	Prioritária

Em seguida, dispõe-se em figuras (Figura 72 e Figura 73) as interseções apresentadas anteriormente. Para facilitar a compreensão do percurso a ser estudado, são apresentadas várias figuras, sendo a ordem das interseções da Universidade rumo à Estação Ferroviária.

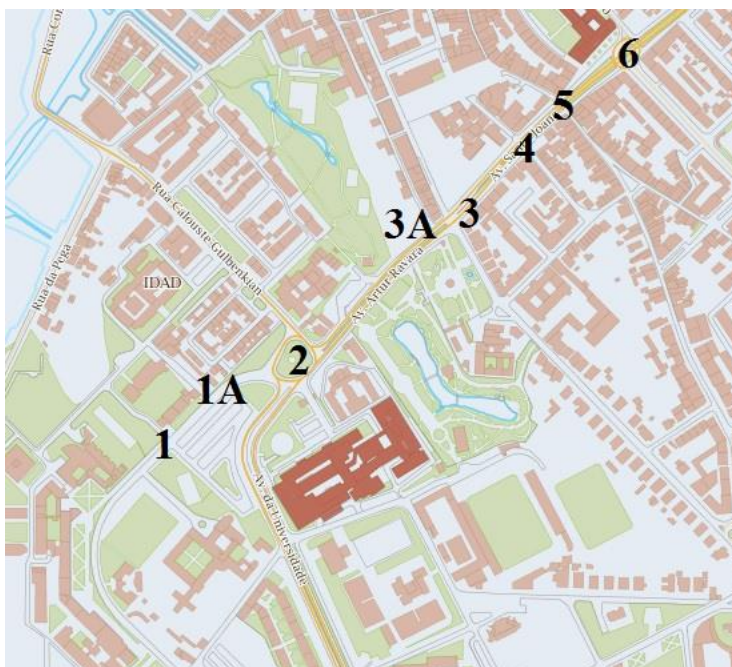


Figura 72- Interseções estudadas ao longo do percurso (Adaptado de SMIGA, 2017).

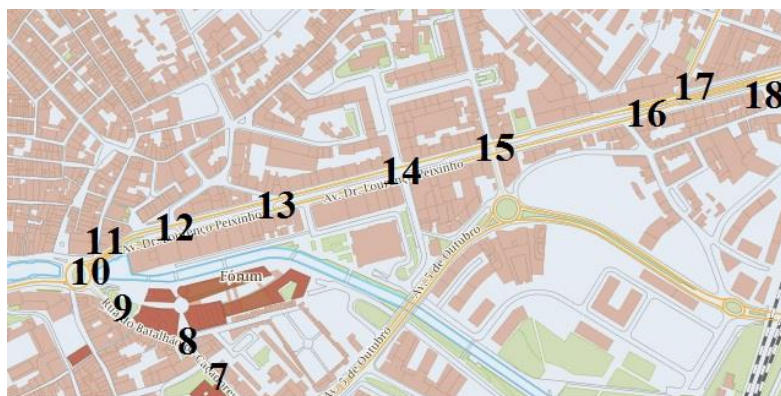


Figura 73- Interseções existentes no percurso escolhido (Adaptado de SMIGA, 2017).

Da Tabela 3, torna-se possível retirar informação que permite agrupar as interseções segundo a sua classificação tipológica, passando essa informação a estar disponível na Tabela 4.

Tabela 4- Resumo da tipologia das interseções.

Tipologia das Interseções	Número de Interseções existentes
Semaforizadas	5
Prioritárias	12
Rotundas	3

Através da informação apresentada na Tabela 4, verifica-se que o percurso possui maioritariamente interseções prioritárias (12 interseções), seguindo-se as interseções semaforizadas (5 interseções), sendo as rotundas o tipo de interseção que surge menos vezes (3 interseções).

Embora as interseções do tipo rotunda sejam em menor número, o volume de tráfego presente nas mesmas é o mais elevado de todas as interseções analisadas, sendo a rotunda do Hospital aquela que apresenta maior valor, conforme se pode verificar no anexo A, no registo de contagens de veículos.

Das cinco interseções semaforizadas presentes no percurso, quatro delas encontram-se na Av. Dr. Lourenço Peixinho, apresentando todas via e sinalização própria destinadas à bicicleta. A outra interseção semaforizadas faz ligação entre a Av. Artur Ravara e a Av. Santa Joana, tendo apenas esta última infraestrutura apropriada para a circulação de bicicletas, conforme já descrito na secção 3.3.

Na sua viagem, o ciclista percorre ruas/avenidas com diferentes classificações hierárquicas, apresentando o percurso desde vias de acesso local a vias distribuidoras principais. A Tabela 5, apresenta um resumo das ruas percorridas e a classificação da mesma, segundo a hierarquização proposta na secção *Hierarquização da Rede Viária da Cidade de Aveiro*.

Tabela 5- Classificação hierárquica e infraestrutura presente nas ruas do percurso.

Nome	Classificação Hierárquica	Infraestrutura para velocípedes
Av. Jacinto de Magalhães	Acesso Local	Parcial
Av. Artur Ravara	Distribuidora Local	Não
Av. Santa Joana	Distribuidora Local	Sim
Rua do Batalhão de Combatentes 10	Distribuidora Local	Não
Av. Dr. Lourenço Peixinho	Distribuidora Principal	Parcial

Com intuito de complementar a informação presente na tabela anterior, foi elaborado um mapa (Figura 74) no qual se assinalou os locais onde existe qualquer tipo de infraestrutura ciclável e os restantes locais onde o tráfego tem um carácter misto.

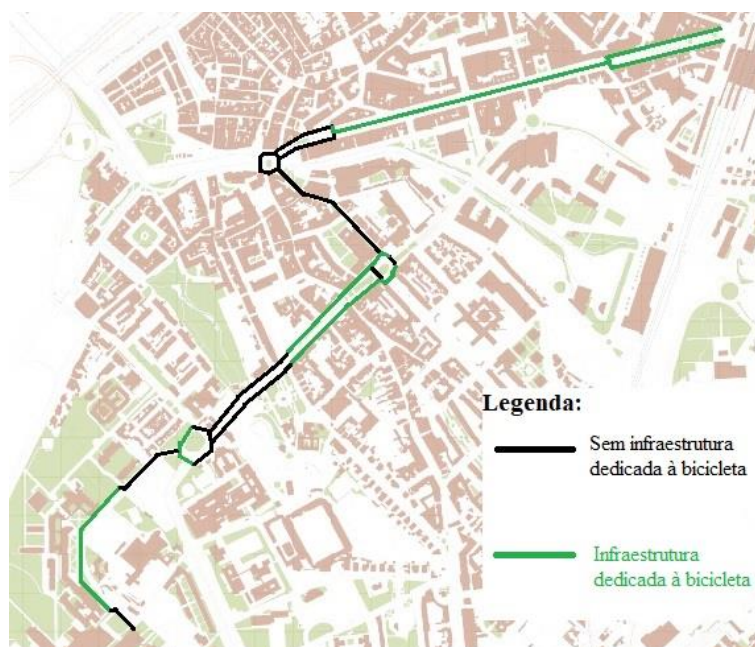


Figura 74- Infraestrutura dedicada ao velocípede presente no percurso escolhido (Adaptado de SMIGA, 2011).

O mapa com a infraestrutura ciclável no percurso escolhido (Figura 74), tem assinalado a cor verde os locais onde existe infraestrutura destinada a velocípedes (ciclovias segregadas e vias cicláveis junto ao tráfego motorizado), e a cor preto os restantes locais onde não existe infraestrutura própria.

As ciclovias assinaladas a cor verde localizam-se nos opostos do percurso, no interior do Campus Universitário e em parte da Av. Dr. Lourenço Peixinho. As vias cicláveis estão presentes em parte da Rotunda do Hospital, Av. Santa Joana, parte da rotunda da Sé e no final da Av. Dr. Lourenço Peixinho. De forma sintetizada, encontra-se na Tabela 6 indicando qual o tipo de infraestrutura presente na rua/avenida que se circula.

Tabela 6- Infraestrutura para velocípedes presente no percurso escolhido.

Nome	Infraestrutura para velocípedes
Av. Jacinto de Magalhães	Ciclovias
Av. Artur Ravara	Não
Av. Santa Joana	Via ciclável
Rua do Batalhão de Combatentes 10	Não
Av. Dr. Lourenço Peixinho	Ciclovias/Via ciclável

Convém realçar que em parte da Av. Jacinto de Magalhães o tráfego desenvolve-se com carácter misto. Da mesma forma, na Av. Dr. Lourenço Peixinho junto à Rotunda das Pontes, o tráfego tem carácter misto, uma vez que a ciclovias e a via ciclável existente não abrange a totalidade da avenida.

3.7. Tráfego na rede de estudo

Esta secção visa descrever os volumes de tráfego registados na área de estudo que serviram de base para a modelação do caso de estudo. Para o efeito, foi necessário efetuar contagens de tráfego no período de ponta da manhã, compreendido entre as 8:30h e as 9:30h. A tomada de decisão sobre a recolha de dados por contagem manual deveu-se à não existência de contagens de tráfego que abordassem simultaneamente os três tipos de veículos que se pretende estudar.

Devido ao elevado número de interseções para as quais era necessário realizar contagens, não foi possível realizar as mesmas em simultâneo num só dia. Assim, as contagens foram

realizadas sempre que possível em várias interseções em simultâneo, no mês de fevereiro, de terça a quinta-feira de cada semana. Como resultado, foram efetuadas contagens em oito dias diferentes. Os dados recolhidos referentes às contagens apresentam-se no anexo A.

As contagens foram realizadas ao longo das 20 interseções existentes no percurso escolhido para o estudo, sendo que foram anotados os valores referentes a intervalos de quinze minutos. A percentagem de veículos pesados em ponta horária varia entre os 3 e os 5% nas ruas entre a Universidade de Aveiro e a Rua do Batalhão de Combatentes 10, sendo que na Av. Dr. Lourenço Peixinho os veículos pesados representam em algumas interseções (interseções 12 a 15) valores próximos dos 8%.

De forma a facilitar a recolha de dados e sua interpretação, os tipos de veículos foram divididos em ligeiros, pesados e bicicletas. Com o intuito de melhorar a perceção das interseções, elaborou-se uma figura representativa de cada interseção, que se encontram no Anexo A, onde se apresentam os movimentos possíveis e a respetiva contagem de tráfego.

A realização de contagens de tráfego no período de ponta da manhã, permitiu concluir que o transporte individual motorizado, nomeadamente o automóvel é a opção de mobilidade mais utilizada pelos utilizadores quando se pretendem deslocar no interior da cidade. A recolha de dados efetuada em 2017, tende a confirmar o panorama que em 2012 vinha descrito no PMA.

Do documento (PMA, 2012) pode-se retirar informação relativa ao peso do número de viagens realizadas ao longo do dia, com o período de ponta da manhã a representar aproximadamente 15% do total de viagens realizadas. Por seu lado, o período de ponta da hora de almoço é equivalente ao período de ponta da tarde, representando cada cerca de 10% do total de viagens. Na Figura 75, apresenta-se o gráfico relativo à distribuição temporal do número de viagens realizadas no interior do concelho de Aveiro.

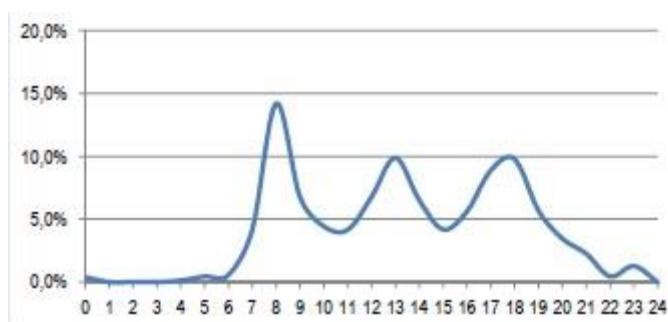


Figura 75- Distribuição horária das viagens realizadas no interior do concelho de Aveiro (Câmara Municipal de Aveiro, 2012).

3.8. Temporização dos sinais luminosos

Com intuito de elaborar os diagramas de fases dos sinais luminosos foi necessário recolher informação *in situ*, complementando a mesma com dados anteriormente publicados, nomeadamente por Pereira (2015). No caso da recolha de dados *in situ*, foi utilizado um relógio com cronómetro e uma folha de registo, efetuando-se assim o registo dos tempos de cada uma das fases, bem como a sequência do semáforo.

No percurso estudado, encontram-se 5 interseções reguladas por sinais luminosos, sendo uma delas na interseção Av. Artur Ravara/Av. Santa Joana e as restantes ao longo da Av. Dr. Lourenço Peixinho. De seguida, dispõe-se sob forma de tabela, um resumo das interseções estudadas, bem como do autor dos dados.

Tabela 7- Interseções reguladas por sinais luminosos presentes no percurso escolhido.

Interseção	Medição dos dados
3	<i>In Situ</i>
12	Pereira (2015)
13	Pereira (2015)
14	<i>In Situ</i>
15	<i>In Situ</i>

Seguindo o percurso Universidade/Estação Ferroviária na interseção 3 o condutor encontra a seguinte temporização de sinais e diagrama de fase:

Tabela 8- Temporização do sinal luminoso da interseção 3.

Movimento	Cor do sinal luminoso	Duração (s)
1	Verde	35
	Amarelo	3
	Vermelho	91
3	Verde	58
	Amarelo	3
	Vermelho	68
4	Verde	20

	Amarelo	3
	Vermelho	108
5,6,7	Verde	30
	Amarelo	3
	Vermelho	97
8,9	Verde	30
	Amarelo	3
	Vermelho	97

Os tempos de cada uma das fases do sinal luminoso foram inseridos no programa VISSIM, que permitiu a criação do plano de regulação, disposto em seguida na Figura 76.

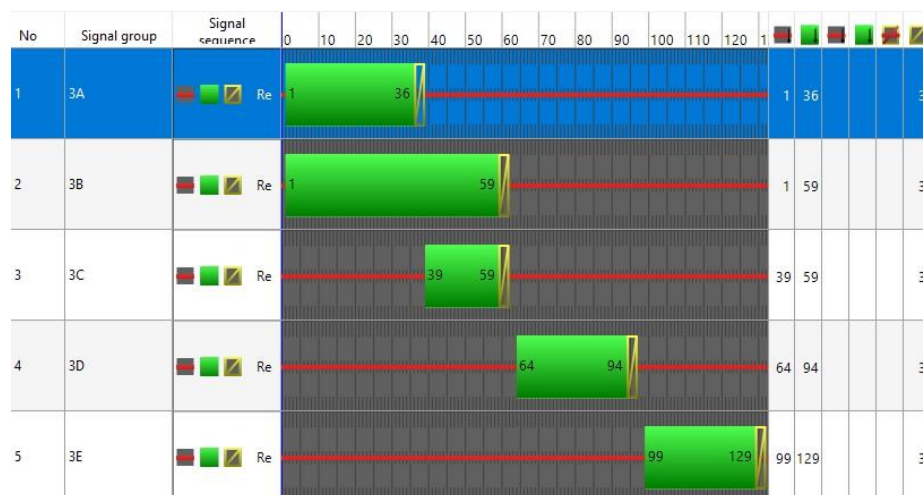


Figura 76- Diagrama de fases da interseção 3 (PTV Group, 2016).

A interseção 12 faz a conexão entre a Av. Dr. Lourenço Peixinho e a Rua Conselheiro Magalhães. A regulação do sinal luminoso divide-se em 2 grupos distintos, tendo cada um deles dois movimentos. Assim, o semáforo permite que o trânsito na avenida circule nos dois sentidos, alternando com a Rua Conselheiro Magalhães e a travessia de bicicletas.

Em seguida, na Tabela 9 apresentam-se as temporizações da interseção 12.

Tabela 9- Temporização do sinal luminoso da interseção 12.

Movimento	Cor do sinal luminoso	Duração (s)
1,2	Verde	49
	Amarelo	3
	Vermelho	36
3,4	Verde	22
	Amarelo	3
	Vermelho	64

Completa-se a informação relativa à interseção 12 com o plano de regulação retirado do programa VISSIM, apresentado na Figura 77.

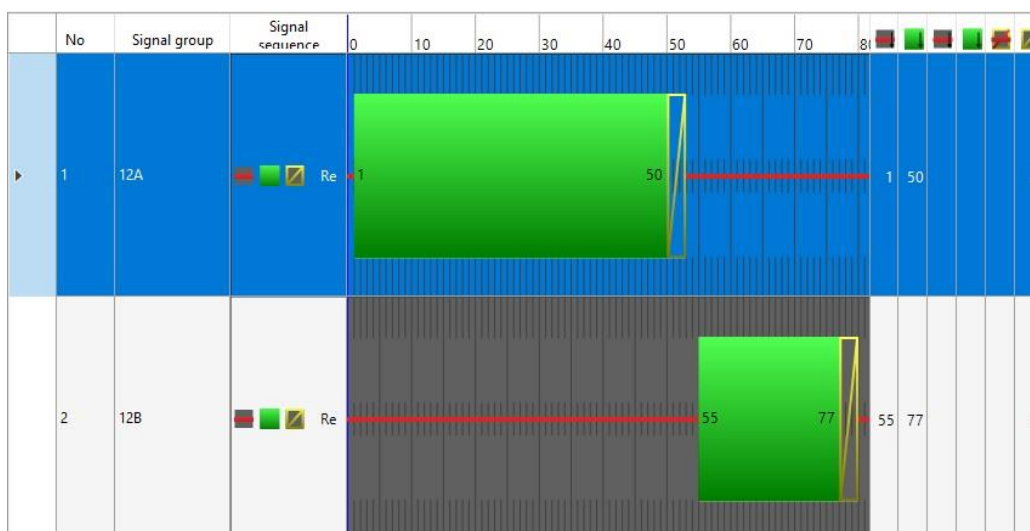


Figura 77- Diagrama de fases existente na interseção 12 (PTV Group, 2016).

A interseção 13 faz a ligação da Av. Dr. Lourenço Peixinho com a Rua do Agostinho Pinheiro. Foi feita a divisão dos sinais em dois grupos, afetando o primeiro a avenida e a ciclovia, e o segundo a via de viragem à esquerda na avenida, no sentido Rotunda/Estação.

A informação apresentada em seguida, na Tabela 10 foi retirada de Pereira (2015).

Tabela 10- Temporização do sinal luminoso da interseção 13.

Movimento	Cor do sinal luminoso	Duração (s)
1,2	Verde	57
	Amarelo	3
	Vermelho	28
3	Verde	20
	Amarelo	3
	Vermelho	65

Colocando os dados apresentados anteriormente no programa, foi possível construir o plano de regulações, disposto na Figura 78.

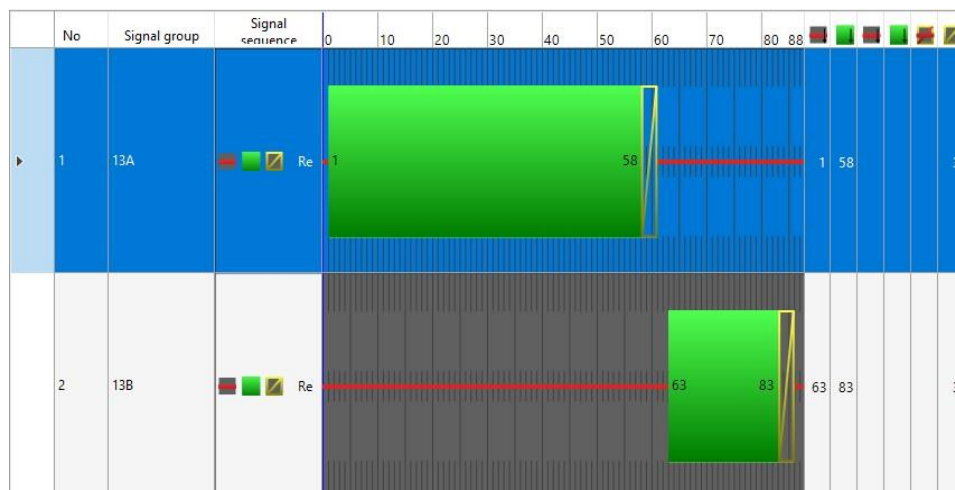


Figura 78- Diagrama de fases da interseção 13 (PTV Group, 2016).

A interseção 14 faz a ligação da Av. Dr. Lourenço Peixinho com a Rua Alberto Souto e a Rua Engenheiro da Silva. Os movimentos possíveis de realizar na interseção foram divididos em 6 grupos distintos, sendo atribuído a cada um dos movimentos uma fase do sinal luminoso. Na Tabela 11 encontra-se disposta a temporização presente no sinal luminoso.

Tabela 11- Temporização do sinal luminoso presente na interseção 14.

Movimento	Cor do sinal Luminoso	Duração (s)
1	Verde	70
	Amarelo	3
	Vermelho	37
3	Verde	30
	Amarelo	3
	Vermelho	77
4	Verde	55
	Amarelo	3
	Vermelho	52
6	Verde	30
	Amarelo	3
	Vermelho	77
7	Verde	55
	Amarelo	3
	Vermelho	52

Colocando os dados apresentados anteriormente no programa, foi possível construir o plano de regulação que se apresenta na Figura 79.

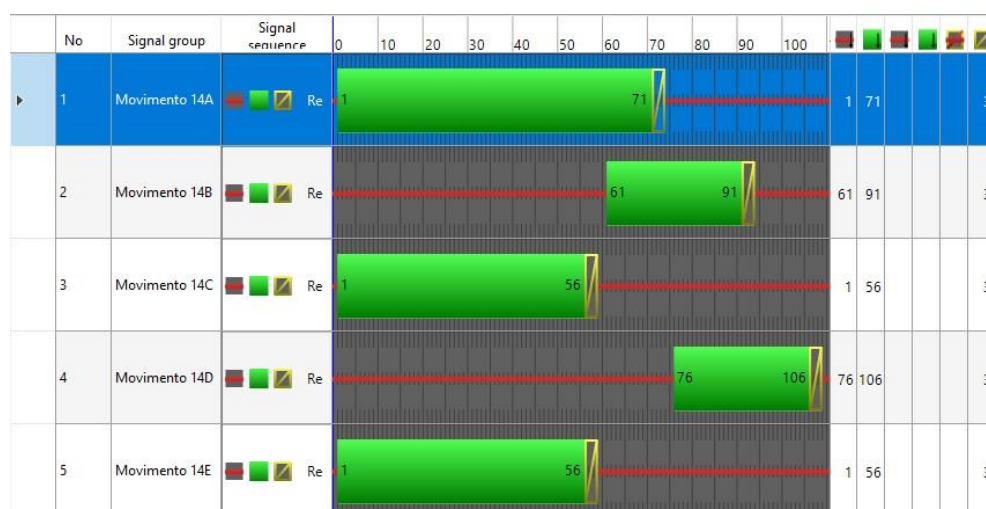


Figura 79- Diagrama de fases da interseção 14 (PTV Group, 2016).

A interseção 15 faz a ligação da Av. Dr. Lourenço Peixinho com a Rua Eng. Oudinot. Com intuito de ajudar na compreensão da interseção, os movimentos foram divididos em cinco grupos diferentes.

Tabela 12- Temporização do sinal luminoso presente na interseção 15.

Movimentos	Cor do sinal luminoso	Duração (s)
1	Verde	29
	Amarelo	3
	Vermelho	60
3	Verde	50
	Amarelo	3
	Vermelho	42
4	Verde	23
	Amarelo	3
	Vermelho	72
5,6,8	Verde	31
	Amarelo	3
	Vermelho	70
7	Verde	30
	Amarelo	3
	Vermelho	62

Colocando os dados apresentados anteriormente no programa, foi possível construir o plano de regulação, disposto na Figura 80.



Figura 80- Diagrama de fases existente na interseção 15 (PTV Group, 2016).

3.9. Modelo de microsimulação VISSIM

3.9.1. Descrição do software

A informação seguinte foi retirada do manual VISSIM (PTV GROUP, 2016).

Segundo (PTV, 2016) o programa de microsimulação de tráfego VISSIM é uma das ferramentas para modelação de operações de transporte multimodal. Tendo uma elevada precisão e resultados bastante detalhados, o software VISSIM oferece as condições necessárias para a simulação de diferentes cenários de tráfego.

O *software* em causa é uma ferramenta de simulação microscópica, baseada no comportamento e orientada para a modelação de tráfego rural e urbano, permitindo de igual forma o estudo de fluxos de tráfego pedonais e sua interação com a restante rede. Além do transporte privado, o *software* permite igualmente a modelação de transportes públicos rodoviários e sobre carris. O fluxo de tráfego pode ser simulado considerando constrangimentos de via, correntes de tráfego com diferentes composições de veículos, sistema de controlo de tráfego, permitindo o registo do tráfego público e privado.

Os diferentes veículos movem-se na rede utilizando um modelo de fluxo de tráfego desenvolvido por Wiedemann em 1974. Este modelo tem como base um veículo que se move a uma velocidade mais elevada começa a desacelerar quando se aproxima de outro veículo que circule mais devagar. Como o veículo que circula a uma velocidade superior não sabe a velocidade dos que circulam à sua frente, a sua velocidade vai baixar inclusive para uma menor da que o veículo que circula à sua frente, acelerando novamente, acabando assim por se aproximar da velocidade do veículo que o antecede.

No programa é possível introduzir sinalização vertical e horizontal, sinais luminosos, travessias para peões, assim como sinalização específica para veículos de transporte coletivos.

Por defeito, numa interseção não é estabelecido nenhum movimento como prioritário, sendo necessária desta forma definir o nível de prioridade de cada movimento, ao invés da sinalização vertical que por si regula automaticamente a interseção.

3.9.2. Construção do modelo

3.9.2.1. Dados geométricos

O início da modelação consiste na introdução do cenário base no simulador VISSIM. Ao iniciar o programa, é fornecido ao utilizador um mapa mundo, no qual pode escolher a área de estudo em questão. O mapa em questão é fornecido pelas empresas Earthstar Geographics SIO, Harris Corp, Earthstar Geographics LLC, Blom (2017), GeoEye (2017), IGP (2017), Microsoft Corporation (2017), tendo cortesia da NASA nas vistas aéreas de maior amplitude. O facto de o programa utilizar um sistema de escala na visualização faz com que não seja necessário ajustar a escala da zona que se pretende estudar, o que constitui uma vantagem do simulador VISSIM em relação a outros simuladores. Assim, é possível introduzir as características geométricas dos arruamentos que constituem a rede, apresentando-se o modelo desta forma mais próximo da realidade.



Figura 81- Exemplo de via introduzida no simulador.

A determinação das dimensões das diferentes vias foi realizada através do Google Maps e das características descritas no PMA (*Câmara Municipal de Aveiro*, 2012).

3.9.2.2. Tipologia das vias

A rede viária da zona de estudo em causa apresenta diferentes tipos de vias, sendo algumas exclusivas a determinados veículos. O VISSIM classifica as vias como urbanas (veículos motorizados), autoestradas (veículos motorizados), passeios (peões) e ciclovias (bicicletas). Associado a uma via é possível escolher quais os veículos que podem circular na mesma, assim como definir a velocidade de circulação máxima no seu interior.

Uma vez que toda a rede se situa no interior da cidade de Aveiro, as vias foram caracterizadas como sendo urbanas, com exceção das ciclovias que foram caracterizadas como tal. Para facilitar a leitura da rede, utilizou-se um esquema de cores para caracterizar as diferentes vias, sendo as vias urbanas de cor cinza e as ciclovias dispostas de cor verde.

3.9.2.3. Velocidade do tráfego

As observações e contagens de tráfego permitiram classificar os diferentes veículos em três classes distintas: ligeiros, bicicletas e pesados (HGV). Da observação das diferentes vias foi possível verificar que a velocidade máxima legal se situa nos 50 km/h, sendo que nas viagens de recolha de dados para calibração e validação do modelo, a velocidade observada nunca se aproximou desse valor, atingindo-se um máximo de 40 km/h na Av. Dr. Lourenço Peixinho, tendo-se assim a definido a velocidade base para os veículos ligeiros. No caso das bicicletas foi utilizada uma curva de distribuição de velocidades, calibrada e validada pelo Centro de Tecnologia Mecânica e Automação (TEMA/UA) e para o caso dos veículos pesados adotou-se uma velocidade de 30 km/h.

Na Tabela 13 encontra-se disposta a composição do tráfego e respetivas velocidades base.

Tabela 13- Composição do tráfego presente no modelo de microsimulação.

Composição do tráfego		Velocidade Base (Km/h)
1	Carro	40
2	Bicicleta	Bicicleta reta
3	HGV - Pesados	30

Atendendo à informação anteriormente exposta, a criação da gama de velocidades para a bicicleta limitou-se apenas a dois perfis: "Bicicleta reta" e "Bicicleta curva". A correta distribuição da velocidade, por veículo e local, é um parâmetro bastante importante, principalmente devido a fatores como tomadas de decisão e capacidade de movimento. O programa VISSIM permite definir a gama de velocidades sob a forma de distribuição, em vez de um valor fixo, o que permite um melhor ajuste face a situações reais (Oliveira, 2015).

A distribuição de velocidades "bicicleta reta" foi atribuída nas secções onde o percurso não encontra obstáculos ou interseções que obriguem a bicicleta a reduzir consideravelmente a

velocidade praticada. Nas situações onde a manobra desejada necessita de ser realizada em velocidades menores, foi atribuída a distribuição “bicicleta curva” de forma a melhor representar a realidade. Os dois perfis de distribuição de velocidades encontram-se na Figura 82.

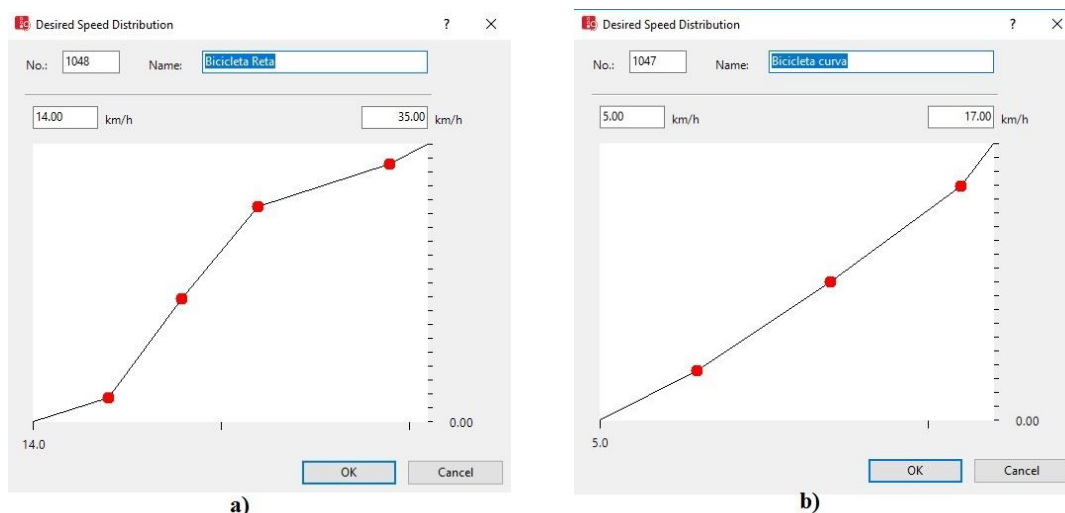


Figura 82- Distribuição de velocidades da bicicleta – a) Em recta ; b) Em curva (Oliveira, 2015).

Para criar as curvas de distribuição dos perfis de velocidade, foi necessário introduzir os valores cumulativos referentes ao respetivo gráfico. Os valores adotados resultam do trabalho de Oliveira (2015). A Tabela 14 diz respeito ao perfil “bicicleta reta” e a Tabela 15 ao perfil “bicicleta curva”.

Tabela 14- Distribuição respeitante ao perfil bicicleta reta (Oliveira, 2015).

Velocidade (km/h)	Distribuição Cumulativa (%)
14	0,00
18	9,00
22	44,00
26	77,00
30	93,00
35	100,00

Tabela 15- Distribuição respeitante ao perfil bicicleta curva (Oliveira, 2015).

Velocidade (km/h)	Distribuição Cumulativa (%)
5	0,00
8	18,75
12	50,00
16	84,38
17	100,00

Por seu lado, definiu-se igualmente uma distribuição de valores para os veículos ligeiros, para o caso da aceleração e desaceleração desejada. O eixo vertical representa o valor da aceleração/desaceleração desejada, enquanto que o eixo horizontal representa a velocidade correspondente. Na figura 83a, encontra-se a gama de valores utilizados para o caso da desaceleração desejada, enquanto que a figura 83b representa a aceleração desejada.

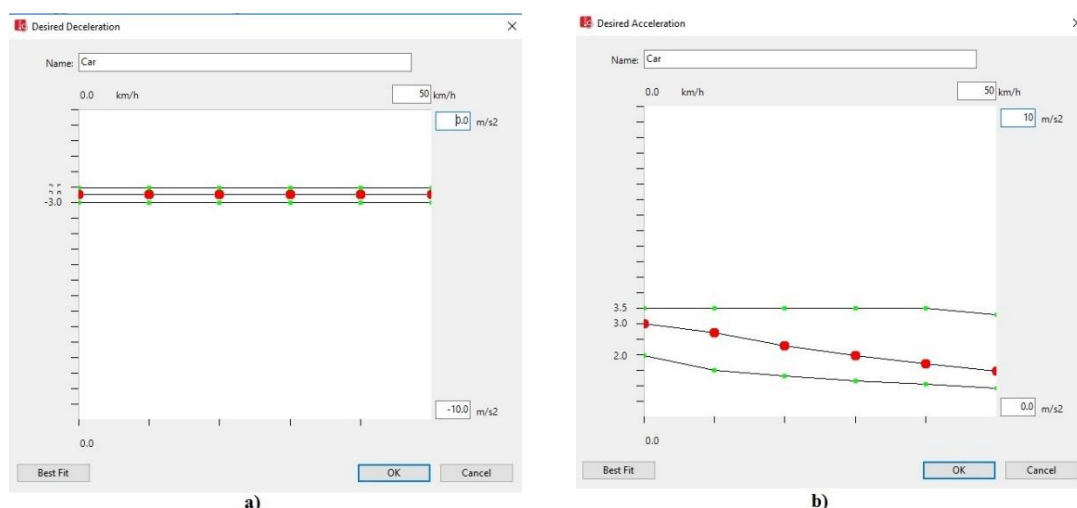


Figura 83- Distribuição da aceleração para o veículo ligeiro: a) Desaceleração b) Aceleração (PTV Group, 2016).

3.9.3. Codificação do modelo

A construção de um modelo inicia-se pela sua codificação, que engloba a descrição do sistema de forma passível de ser interpretada de forma automática. Concluída a etapa da construção e verificação de possíveis erros, o modelador possui um modelo de simulação para realizar os testes. No entanto, ainda não se pode garantir que se está de facto a simular corretamente a realidade (Vilarinho, 2008).

3.9.4. Calibração e validação do modelo construído

Ao elaborar um modelo, pretende-se que este represente o mais próximo possível as situações que acontecem na realidade. Para que tal aconteça, o modelo deverá reproduzir resultados o mais próximo possível do observado no percurso.

Na fase de calibração, as variáveis do modelo são ajustadas de modo a melhorar a capacidade de reprodução a nível do comportamento dos condutores e das características da rede (Vilarinho, 2008). Para avaliar o desempenho é necessário comparar os valores observados com os que resultam da simulação do modelo construído, os valores simulados.

Aos parâmetros estão associados critérios que funcionam como limites aceitáveis. Quando os parâmetros possuem valores que se encontram dentro dos critérios o modelo é considerado calibrado. Assim, a calibração de um modelo consiste em corrigir os valores das variáveis responsáveis pela representação das condições de operação, com o objetivo de que as estimativas das medidas de desempenho calculadas pelo modelo reflitam os valores reais (Vilarinho, 2008).

O processo que determina quando o modelo está suficientemente próximo do sistema real é designado por validação do modelo, etapa essa que consiste num método iterativo que envolve a calibração dos parâmetros do modelo e a comparação do comportamento do mesmo com o sistema real. Estas duas etapas são fundamentais para assegurar a credibilidade do modelo construído (Vilarinho, 2008).

O processo necessário para a validação do modelo construído, apresenta-se disposto sob forma de esquema na Figura 84. A informação presente na Figura 84 retrata de forma simples as quatro etapas necessárias para validar um modelo de microsimulação de tráfego.



Figura 84- Processo de construção de um modelo de simulação (Adaptado de Vilarinho, 2008).

Para a calibração do modelo em causa, foram comparados os valores obtidos através de 10 simulações e os dados obtidos das contagens de tráfego realizadas. Em seguida, verificou-se a coerência de valores ou se existia alguma discrepância assinalável.

A avaliação do nó foi feita utilizando o comando “Nodes”, onde se definiu a área de estudo em questão, seguindo o comando “Evaluation -> Result List -> Node Results”.

Desta forma, os resultados referentes à simulação aparecem sob forma de lista, encontrando-se descritos os valores referentes ao número de veículos que seguiu cada rota. Cada simulação teve um período referente a 1 hora, ou seja, 3600 segundos

Para calibrar o modelo construído, utilizou-se o parâmetro GEH utilizado na engenharia de tráfego para comparar volumes de tráfego. Trata-se de uma medida estatística, pois a fórmula compara volumes simulados e observados, ditando desta forma se o modelo se encontra mais próximo da realidade ou não (Pereira, 2015).

O parâmetro GEH apresenta a seguinte equação:

$$GEH = \sqrt{\frac{(S - O)^2}{0.5 * (S + O)}}$$

Onde S representa o volume simulado e O representa o volume observado.

O valor de GEH obtido para um par de valores fornece a seguinte informação sobre a qualidade do ajuste efetuado (Pereira, 2015):

- $GEH < 5$ – Os valores simulados encontram-se próximos dos valores observados.
- $5 \leq GEH \leq 10$ – Os valores simulados encontram-se ligeiramente afastados dos valores observados.
- $GEH > 10$ – Os valores simulados são muito afastados dos valores observados. É necessário efetuar um ajuste no modelo, uma vez que não simula os valores observados.

Uma vez que na rede a ser estudada existe mais do que um local onde são comparados os resultados simulados pelo modelo com os valores observados em campo, considera-se que o modelo se encontra bem calibrado se o parâmetro GEH for inferior a 5 para 85% dos casos analisados (Pereira, 2015). Por seu lado, o valor de GEH deve ser menor que 4 para a soma de todas as secções (Vilarinho, 2008).

Estatísticas	Critério	Observação
GEH	<5	Para uma secção individual
GEH	$\geq 85\%$	
GEH	<4	Para a soma das várias secções

Figura 85- Parâmetro GEH (Adaptado de Vilarinho, 2008).

3.10. Cenários de estudo

3.10.1. Cenário base

O cenário base pretende representar o panorama existente de uma forma o mais real possível, servindo assim como comparação aos restantes cenários a serem avaliados, sendo de igual forma a base do desenvolvimento dos cenários alternativos. Este cenário caracteriza-se por ter o mesmo número de vias, tipologia de vias, temporização dos semáforos, regras de prioridade que é possível encontrar na realização de uma viagem ao longo do percurso definido, ou seja, representa a realidade existente. A Figura 86, apresenta o exemplo de uma interseção do cenário base introduzido no simulador VISSIM.



Figura 86- Interseção 3 representada no programa VISSIM (PTV Group, 2016).

Para calibração do cenário base, como já foi referido anteriormente na subsecção 3.9.4, utilizou-se a comparação dos valores simulados com os valores observados, através do parâmetro GEH de modo a avaliar a qualidade da calibração efetuada. Os valores de calibração encontram-se no Anexo B.

Na validação do cenário base foram comparados os valores do tempo de viagem e a velocidade média medidos em viagens efetuadas durante a hora de ponta da manhã por um veículo ligeiro e os resultados obtidos das simulações do programa VISSIM.

No Anexo C encontram-se os valores da validação do modelo (tempo de percurso, velocidade média). A validação foi realizada através do parâmetro GEH e do erro absoluto.

O cenário base apresenta na Av. Dr. Lourenço Peixinho uma ciclovia no meio das duas faixas de rodagem desde a interseção com a Rua Conselheiro Magalhães até interseção com a Rua do Senhor dos Aflitos. A partir desse local até à Estação Ferroviária apresenta uma via ciclável junto ao passeio.

Na zona central do percurso a rede apresenta uma via ciclável com início na rotunda da Sé e final junto aos semáforos da Av. Santa Joana. A designada rotunda do Hospital apresenta uma ciclovia pelo interior, embora não completa na totalidade. No interior do Campus Universitário de Santiago encontra-se uma ciclovia com início na interseção junto à antiga reitoria e término junto ao CIFOP. Todos estes elementos foram representados com dados disponíveis no PMA (*Câmara Municipal de Aveiro*, 2012), bem como através de observações *in loco*.

3.10.2. Cenário alternativo 1 – Sem ciclovia/vias cicláveis

O cenário 1 pretende representar o panorama alternativo perante a inexistência de ciclovias e vias cicláveis ao longo do percurso definido. Este cenário tem como características o mesmo número de vias, temporização de sinais luminosos e regras de prioridade que o cenário base. Assim, as vias cicláveis existentes na Av. Dr. Lourenço Peixinho, Av. Santa Joana foram eliminadas, bem como a ciclovia ao longo da Av. Dr. Lourenço Peixinho. A exceção foi feita na Av. Jacinto Magalhães que se manteve inalterável até à interseção 1 e na Rua Calouste Gulbenkian (fora do percurso de estudo) que manteve a sua via ciclável até à rotunda do hospital.

A Figura 87 representa uma interseção no cenário descrito que foi introduzido no simulador VISSIM.



Figura 87- Interseção 3 no cenário alternativo 1 (PTV Group, 2016).

De forma a existirem o menor número de variáveis em estudo, todas as localizações e tipologias dos *inputs* foram mantidas no mesmo local e inalteráveis em relação ao cenário base.

3.10.3. Cenário alternativo 2 – Com ciclovia/vias cicláveis

O cenário 2 tem como objetivo estudar a influência da presença de uma via ciclável com 1 metro de largura no exterior da faixa de rodagem. Tal como nos cenários descritos anteriormente, foi mantido o mesmo número de vias, tipologia de vias, temporização dos sinais luminosos e regras de prioridade que o cenário base. Com o intuito de acomodar as vias cicláveis, foi necessário reduzir a largura destinada aos veículos motorizados, mantendo-se assim as larguras das faixas de rodagem que existem no cenário base.

A Figura 88 apresenta uma interseção no cenário 2 introduzido no simulador VISSIM.



Figura 88- Interseção 3 no cenário alternativo 2 (PTV Group, 2016).

Para a realização deste cenário houve a necessidade de alterar as rotas das bicicletas, passando as mesmas a circular unicamente pelas vias criadas para o efeito, assim como criar sinais luminosos nas vias cicláveis com a mesma temporização das vias motorizadas.

3.10.4. Cenário alternativo 3 – Com ciclovias/vias cicláveis e ASL

A construção deste cenário visa simular a influência da existência de ASL nas interseções reguladas por sinais luminosos presentes no percurso. Este cenário teve como base o Cenário 2 – Com ciclovias/vias cicláveis, acrescentando-se nas interseções uma caixa de espera junto ao sinal luminoso, conseguindo-se assim simular o efeito da ASL numa interseção.

A Figura 89 demonstra a interface introduzida no simulador VISSIM, com intuito de simular o que anteriormente foi descrito.



Figura 89- Interseção 3 no cenário alternativo 3 (PTV Group, 2016).

Apenas as ruas de onde provêm bicicletas com destino numa interseção semaforizada foram providas de ASL, tendo sido escolhidas essas mesmas ruas com base nas contagens de tráfego realizadas. Assim, as ruas providas com ASL foram a Capitão Pizarro, Av. Artur Ravara, Av. Santa Joana e a Conselheiro Magalhães. Houve necessidade de instalar um semáforo recuado em relação à ASL para que desta forma se conseguir dar a prioridade de movimentos à bicicleta. Foi utilizado o mesmo plano de regulação para todos os tipos de veículos, pois só assim se conseguiria aferir a verdadeira influência da ASL no restante tráfego.

3.11. Modelo SSAM

O *Surrogate Safety Assessment Model* (SSAM) é um software desenvolvido pela FHWA (*Federal Highway Administration*) com intuito de analisar os conflitos dos veículos provenientes das simulações microscópicas. O software calcula um número de medidas de segurança para cada conflito identificado nos dados das trajetórias, fornecendo no final um resumo com os diferentes aspetos analisados (FHWA, 2008).

O modelo VISSIM e o SSAM, através dos seus dados de entrada e saída, respetivamente, permitem realizar de forma sucinta e detalhada a análise da segurança rodoviária num dado cenário ou trajeto (Oliveira, 2015).

Na tabela de conflitos proveniente do programa, é possível identificar os seguintes indicadores (FHWA, 2008):

- TTC (s) – Tempo para a colisão;
- PET (s) – Tempo de pós invasão;
- MáxV (m/s) – Velocidade máxima;
- ΔV (m/s) – Diferença de velocidade;
- DR (s) – Tempo inicial de desaceleração.

Na classificação de conflitos entre veículos, a metodologia utilizada pelo software, baseia-se na determinação do ângulo de conflito de um ponto de colisão hipotético. O ângulo é definido na perspetiva do primeiro veículo, causador do conflito, fixando assim um ponto zero que servirá para determinar o ângulo de onde surge o segundo veículo em relação ao primeiro. Os valores angulares positivos e negativos indicam uma aproximação pela direita e esquerda, respetivamente, definindo assim a direção de cada veículo (Oliveira, 2015). Na Figura 90, é possível observar o diagrama dos ângulos de conflito.

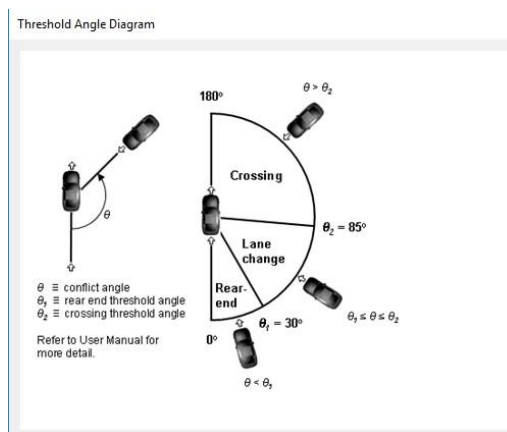


Figura 90- Diagrama dos ângulos de conflito utilizados pelo SSAM para classificação (FHWA, 2017).

Os conflitos identificados têm por base a seguinte classificação (FHWA, 2008):

- Conflito de atravessamento: ângulo de conflito $> 80^\circ$;
- Conflito de frente – traseira: ângulo de conflito $< 30^\circ$;
- Conflito de mudança de via: $30^\circ \leq \text{ângulo de conflito} \leq 80^\circ$.

Para cada interseção o SSAM guarda a trajetória dos veículos, proveniente dos ficheiros do modelo de microssimulação de tráfego, e grava as medidas de segurança, determinando ou não se a interação satisfaz a condição para ser considerada um conflito. A identificação de um conflito é determinada quando a trajetória de dois veículos, isto é, a sua velocidade e posição, indicam uma colisão iminente para um tempo até à colisão (TTC - *time to collision*) e um tempo de pós invasão (PET - *post-encroachment time*) menores que 1,5 e 5,0 segundos, respetivamente. O TTC é definido como o intervalo de tempo que um objeto demoraria a atingir um observador se circulasse à mesma velocidade que este. O PET é usado para medir as situações em que dois veículos não estão em rota de colisão evidente e que passam num determinado ponto, com uma diferença temporal que está abaixo de um valor máximo de 5 segundos. Um valor inferior de TTC e PET indica uma maior probabilidade na ocorrência de colisões e também uma maior gravidade de conflito (Oliveira, 2015).

Capítulo 4 – Apresentação e discussão de resultados

4. Apresentação e discussão de resultados

4.1. Introdução

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos das simulações efetuadas aos diferentes cenários em estudo, assim como uma discussão sobre os mesmos. O simulador VISSIM é um modelo estocástico, o que faz com que necessite que sejam corridas várias simulações com diferentes valores de sementes aleatórias, para que os resultados sejam representativos.

Para o teste dos diferentes cenários foram utilizadas 10 simulações em cada, variando as sementes aleatórias, bem como um período de aquecimento da rede (warm-up) com cerca de 30 minutos. As simulações efetuadas tiveram um período de análise de 1 hora.

Como foi descrito na secção 3.9, foram criados três cenários alternativos ao cenário base, tendo estes como objetivo estudar alterações que se pode efetuar na rede.

Os resultados serão apresentados para os veículos ligeiros, bicicletas, veículos pesados e para o conjunto de todos os veículos, sendo que os mesmos dizem somente ao percurso existente entre a Universidade e a Estação Ferroviária, em ambos os sentidos.

4.2. Indicadores de desempenho

A escolha dos indicadores de desempenho constitui uma tarefa importante na avaliação das soluções propostas, pois torna-se assim possível efetuar uma comparação entre os diferentes cenários estudados.

Os indicadores de desempenho escolhidos para ajuda da análise ao percurso escolhido foram:

- Tempo de viagem (segundos): tempo médio de viagem necessário para completar o percurso, para os veículos ligeiros, bicicletas, veículos pesados e para o conjunto de todos os veículos;
- Velocidades médias (km/h): velocidade média obtida para os veículos ligeiros, bicicletas, veículos pesados e para o conjunto de todos os veículos;
- Atraso dos veículos (segundos): diferença entre o tempo de viagem teórico ideal e o tempo de viagem real, para os veículos ligeiros e para o conjunto de todos os veículos;

- Atraso médio na paragem (segundos): definido como o atraso médio sofrido na paragem em cada uma das interseções. São apresentados sob a forma do somatório dos atrasos médios de cada cenário, para os veículos ligeiros e para o conjunto de todos os veículos;
- Número de paragens: definido como o número de paragens que cada veículo realiza em média ao longo do percurso, para o caso dos veículos ligeiros e para o conjunto de todos os veículos;
- Comprimento da fila de espera máxima (metros): definido como o somatório dos comprimentos da fila de espera máxima;
- Nível de Serviço (LOS) nas interseções: definido em termos de tempo médio de atraso. O simulador VISSIM utiliza o *Highway Capacity Manual (HCM) 2010* para definir o nível de serviço presente na interseção. A escala utilizada pelo manual define 6 categorias de A a F.

A escala utilizada pelo *HCM 2010* para classificar o nível de desempenho de uma interseção varia consoante se trate de uma interseção regulada por sinais luminosos ou se a mesma for prioritária. Em seguida, na Tabela 16 apresenta-se a classificação dos níveis de serviço para as interseções reguladas por sinais luminosos.

Tabela 16- Níveis de serviço para interseções reguladas por sinais luminosos (Adaptado de Transportation Research Board, 2010).

Nível de serviço	Atraso médio (segundos/veículo)	Descrição geral
A	≤ 10	Fluxo livre
B	$>10 - 20$	Fluxo estável (atrasos ligeiros)
C	$>20 - 35$	Fluxo estável (atrasos aceitáveis)
D	$>35 - 55$	Próximo do fluxo instável (atraso tolerável, sendo provável que necessite de mais de um ciclo para proceder)
E	$>55 - 80$	Fluxo instável (atraso intolerável)
F	>80	Congestionamento com fila de espera

Os critérios do *HCM 2010* para as interseções prioritárias são aplicáveis nas interseções com cedência de passagem reguladas pelo sinal de STOP e de aproximação de estrada com prioridade, assim como no caso das rotundas. Em seguida, na Tabela 17 apresenta-se a classificação dos níveis de serviço para as interseções prioritárias.

Tabela 17- Níveis de serviço para interseções prioritárias (Adaptado de Transportation Research Board, 2010).

Nível de serviço	Atraso médio (segundos/veículo)
A	0 – 10
B	>10 – 15
C	>15 – 25
D	>25 – 35
E	>35 – 50
F	>50

4.3. Tempos de percurso e velocidades médias

A apresentação dos resultados foi dividida em percurso UA/Estação e Estação/UA respetivamente, sendo primordialmente os resultados do conjunto do percurso e depois troço a troço.

4.3.1. Veículos ligeiros

4.3.1.1. Percurso UA/Estação

Tabela 18- Percurso UA/Estação para os veículos ligeiros.

Cenário	Base	Sem ciclovias	Com ciclovias	Com ciclovias e ASL
Total (s)	452,1	442,9	454,1	469,8

Uma análise comparativa pode ser feita tendo em conta o valor obtido para o cenário base. O cenário sem ciclovias apresenta um ganho de cerca de 9 segundos ou aproximadamente 2,0% no tempo de viagem; por seu lado os resultados obtidos para os cenários com ciclovias e com ciclovias e ASL apresentaram um maior tempo de viagem. O cenário com ciclovias teve uma perda de 2 segundos ou de 0,4%, e o cenário com ciclovias e ASL uma perda de 17 segundos ou de 3,9% em comparação com o base.

Em relação às velocidades médias praticadas, estas estão ligadas com o tempo de percurso e a distância percorrida. Uma vez que houve o cuidado de colocar os pontos de cronometragem no mesmo local em todos os cenários, a distância percorrida foi a mesma. Assim, o cenário sem ciclovia foi o que apresentou uma maior velocidade média na globalidade do trajeto.

A Figura 91 apresenta um gráfico comparativo das velocidades médias praticadas nos diferentes cenários.

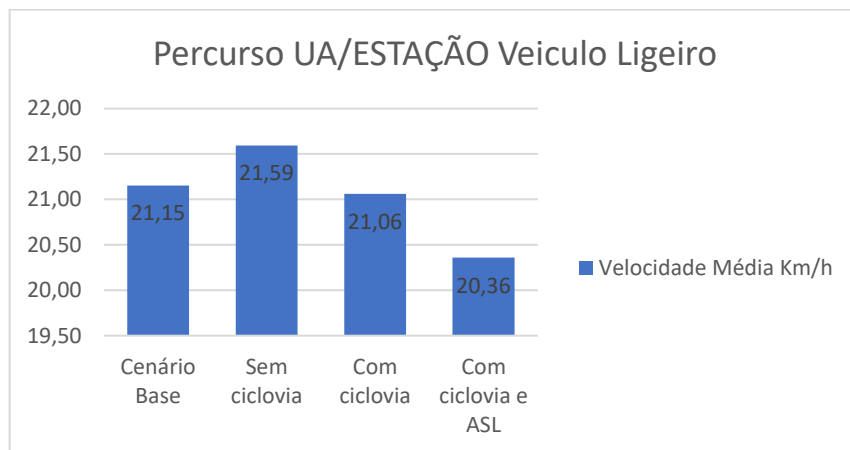


Figura 91- Velocidade média do percurso UA/Estação para os veículos ligeiros.

Tal como referido anteriormente, o cenário sem ciclovia apresenta o valor mais elevado no que diz respeito às velocidades médias, sendo que os restantes cenários apresentam valores próximos. Quando comparado com o cenário base, o cenário sem ciclovia apresenta aproximadamente 2% maior velocidade média; o cenário com ciclovia cerca de 0,4% mais lento e o cenário com ciclovia e ASL cerca de 3,7% mais lento.

Os valores apresentados referentes à velocidade média encontram-se no anexo D.

4.3.1.2. Estação/UA

Em seguida na Tabela 19, apresenta-se os valores obtidos para o percurso Estação/UA.

Tabela 19- Percurso Estação/UA para os veículos ligeiros.

Cenário	Base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Total (s)	420,54	412,13	410,52	443,74

No percurso Estação/UA o cenário com ciclovia apresenta o menor tempo decorrido. Tendo como base comparativa o valor obtido do cenário base, o cenário sem ciclovia obteve um valor de 412,13 segundos, apresentando assim um ganho de 8 segundos, ou seja, aproximadamente 2%. Por seu lado, o cenário com ciclovia apresentou um valor de 410,52 segundos, representando um ganho de 10 segundos ou de 2,3%; exceção feita quando se apresenta o valor do cenário com ciclovia e ASL, uma vez que o mesmo acrescenta 23 segundos ao valor comparativo do cenário base, fazendo desta forma um acréscimo de 5,5% à viagem. Este cenário teve um valor de 443,74 segundos.

Dos resultados obtidos, o cenário com ciclovia foi o mais vantajoso no que diz respeito aos tempos de percurso, mesmo com a criação de infraestrutura dedicada à bicicleta. A criação de uma via ciclável junto ao passeio, permite que a bicicleta tenha menor influência sobre os veículos motorizados, nomeadamente os veículos ligeiros, já que os utilizadores circulam em vias independentes.

Em relação às velocidades médias de percurso, o cenário com ciclovia foi o que obteve valores mais elevados, tendo o cenário base e o cenário sem ciclovia valores dentro do mesmo quilometro horário. A exceção foi o cenário com ciclovia e ASL que obteve um valor mais baixo. A Figura 92 apresenta os valores das velocidades médias obtidas para o percurso Estação/UA.

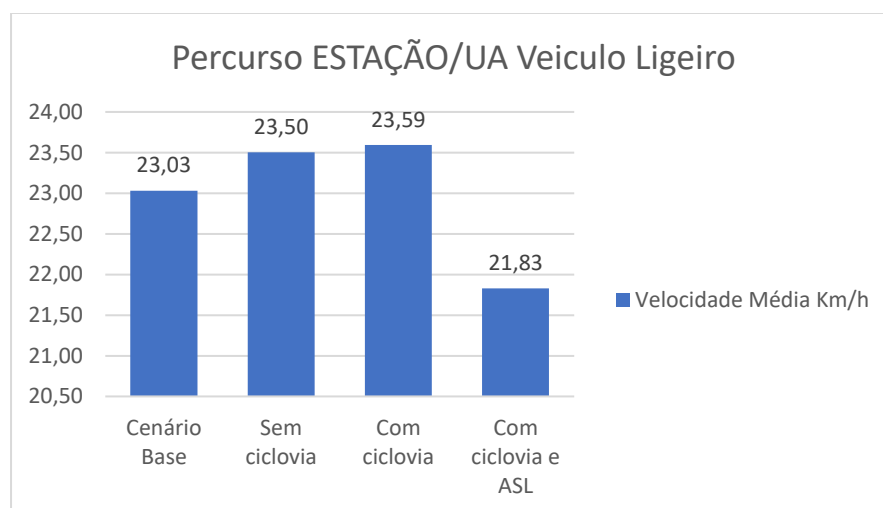


Figura 92- Velocidade média no percurso Estação/UA para os veículos ligeiros.

Servindo como comparação o cenário base em relação aos restantes, o cenário sem ciclovia apresenta um ganho de 2%; o cenário com ciclovia um ganho de 2,4% e somente o cenário com ciclovia e ASL apresenta uma perda de 5,2% na velocidade média praticada. O cenário com ciclovia e ASL ao dar prioridade nas interseções semaforizadas à bicicleta, já que

privilegia a sua colocação à frente dos veículos motorizados, poderá levar a que os mesmos demorem mais tempo a atravessar a interseção, pois a bicicleta circula a menor velocidade, e consequente maior gasto de tempo para os veículos ligeiros.

Os valores referentes às velocidades médias praticadas encontram-se no Anexo D.

4.3.2. Bicicletas

4.3.2.1. Percurso UA/Estação

Os resultados referentes ao percurso UA/Estação para as bicicletas, encontram-se dispostos na Tabela 20.

Tabela 20- Tempo de viagem para o percurso UA/Estação para as bicicletas.

Cenário	Base	Sem ciclovias	Com ciclovias	Com ciclovias e ASL
Tempo (s)	651,9	625,3	548,9	555,1

Da análise da Tabela 20 é possível efetuar uma comparação do tempo de percurso nos diferentes cenários simulados. O cenário base apresenta um valor de 651,9 segundos, sendo de entre os cenários simulados o que necessitou de tempo para percorrer o percurso definido. Tendo como base o tempo necessário pelo cenário base, o cenário sem ciclovias permite a poupança de 26,6 segundos, o que representa aproximadamente 4,0%. O cenário com ciclovias foi de entre os vários simulados, aquele que necessitou de menor tempo para completar o percurso, permitindo uma poupança de 103 segundos, ou seja, aproximadamente 16,0%. Por último, o cenário com ciclovias e ASL apresenta um valor próximo do cenário com ciclovias, permitindo a poupança de 97 segundos, ou seja, de cerca de 15,0% quando comparado com o cenário base.

Os resultados obtidos para o percurso UA/Estação demonstram a influência que a introdução de vias cicláveis/ciclovias representa para a circulação da bicicleta. O facto de a bicicleta poder circular num corredor independente do restante tráfego motorizado, permite no caso da existência de fila de trânsito prosseguir até à interseção, justificando assim a diferença de tempo de percurso face ao cenário base e cenário sem ciclovias.

Na Figura 93 encontra-se disposta um histograma indicativo das velocidades médias registadas ao longo do percurso.

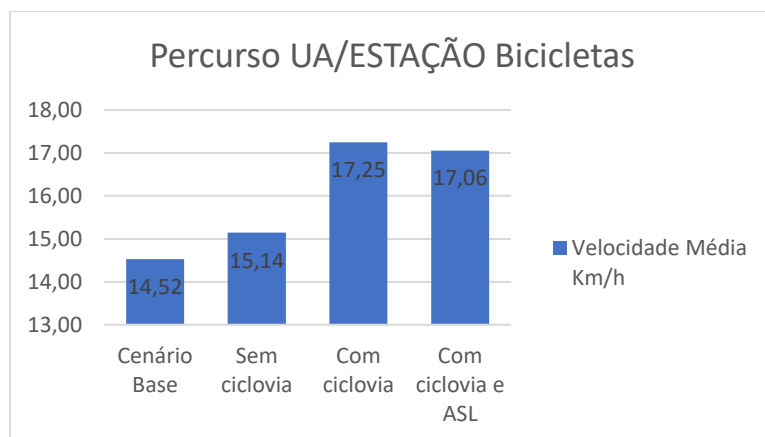


Figura 93- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação para as bicicletas.

Uma vez que as velocidades médias praticadas se relacionam com a duração do percurso, o cenário base é de entre os simulados o que apresenta a menor velocidade média, com um valor de 14,5 km/h. Fazendo uma comparação tendo como base o valor do cenário base, o cenário sem ciclovia permite um acréscimo de 4,3% ao valor da velocidade média praticada; o cenário com ciclovia foi aquele que apresentou o maior valor, com cerca de 17,3 km/h, permitindo um acréscimo de 18,8% face ao cenário base. Por seu lado, o cenário com ciclovia e ASL apresentou um valor de 17,1 km/h, permitindo um acréscimo de 17,5% face ao cenário base.

Como a velocidade média se relaciona com o tempo de percurso, o cenário com ciclovia e cenário com ciclovia e ASL apresentam ambos menores tempos de percurso, a sua velocidade média será maior.

4.3.2.2. Percurso Estação/UA

Os resultados referentes ao percurso Estação/UA para a bicicleta, encontram-se dispostos na Tabela 21.

Tabela 21- Tempo de percurso Estação/UA para a bicicleta.

Cenário	Base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Tempo (s)	576,0	611,1	573,0	581,5

Através da análise da Tabela 21, constata-se que o cenário base apresenta um valor de tempo de percurso de 576,0 segundos. O cenário sem ciclovia foi de entre os cenários simulados aquele que necessitou de mais tempo para percorrer o percurso Estação/UA,

necessitando de 611,1 segundos, ou seja, gastando mais 6,1% quando comparado com o cenário base. O cenário com ciclovia foi o que menor tempo necessitou, precisando de 573,0 segundos, permitindo uma poupança de 0,5% face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL necessitou de 581,5 segundos para percorrer o percurso, gastando mais 0,9% quando comparado com o cenário base.

Assim como no percurso UA/Estação, a introdução de vias cicláveis/ciclovias neste trajeto permitiu diminuir os tempos necessários para concluir o mesmo. De salientar que o tempo obtido para o cenário com ciclovia e ASL, foi ligeiramente superior ao gasto pelo cenário com ciclovia. O mesmo não deveria ter acontecido, já que as bicicletas nas interseções em ambos os cenários são colocadas de forma a serem favorecidas.

Na Figura 94 apresentam-se os valores referentes às velocidades médias praticadas pela bicicleta no percurso Estação/UA.

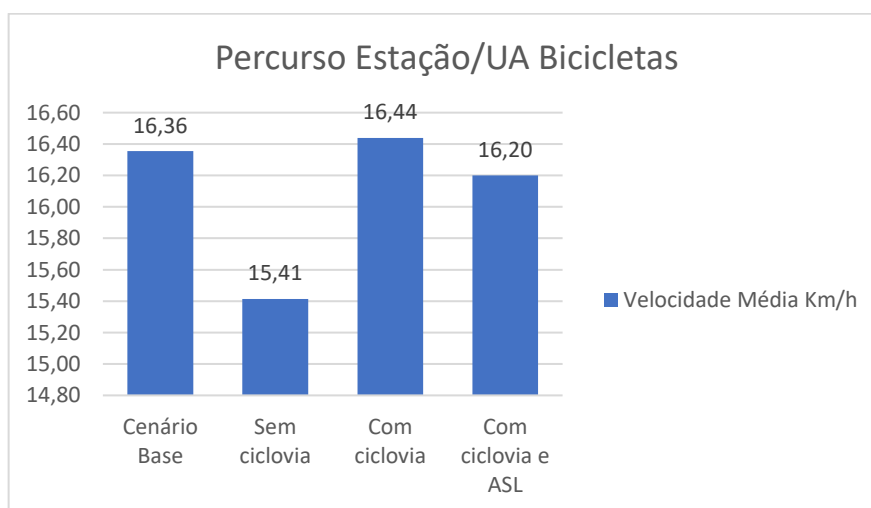


Figura 94- Velocidade média praticada no percurso Estação/UA para a bicicleta.

A Figura 94 apresenta os valores referentes às velocidades médias praticadas pela bicicleta no percurso Estação/UA. O cenário base apresenta o valor de 16,36 km/h, servindo assim de valor comparativo para os restantes cenários. O cenário sem ciclovia apresenta o valor de 15,41 km/h, sendo assim 3,8% mais lento que o cenário base. O cenário com ciclovia apresentou um valor de velocidade média de 16,44 km/h, sendo 0,4% mais rápido que o cenário base. O cenário com ciclovia e ASL apresentou um valor de velocidade média de 16,20 km/h, sendo 1% mais lento que o cenário base.

As velocidades médias obtidas para os cenários onde existe infraestrutura para a bicicleta são superiores às obtidas para o cenário sem ciclovia. Como já foi explicado anteriormente,

a circulação em vias independentes permite a circulação de forma independente do tráfego motorizado, e como resultado uma maior velocidade.

4.3.3. Veículos Pesados

4.3.3.1. Percurso UA/Estação

Os resultados referentes aos tempos de percurso UA/Estação para os veículos pesados encontram-se na Tabela 22. A análise comparativa será feita tendo como base o cenário base.

Tabela 22- Tempos de percurso UA/Estação para os veículos pesados.

Cenário	Base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Tempo (s)	535,4	566,3	511,3	512,6

Com base nos resultados dispostos na Tabela 22, os veículos pesados simulados no cenário base necessitaram em média de 535,4 segundos para completar o percurso UA/Estação. O cenário sem ciclovia foi de entre os cenários simulados aquele que necessitou de mais tempo, gastando assim um total de 566,3 segundos, o que representa um acréscimo de 30,9 segundos, ou de 5,7% face ao cenário base.

Por seu lado, o cenário com ciclovia apresentou um tempo de percurso de 511,3 segundos, sendo de entre os cenários simulados o que necessitou de menor tempo. Permitiu assim a poupança de 24,1 segundos, ou de 4,5% quando comparado com o cenário base.

O cenário com ciclovia e ASL necessitou de 512,6 segundos para completar a totalidade do percurso, permitindo assim uma poupança de 22,9 segundos, ou de 4,3% face ao cenário base.

Os resultados para o tempo de percurso em causa respeitantes aos veículos pesados sugerem que a criação de vias cicláveis/ciclovias criaram uma melhoria de circulação dos mesmos. A circulação em vias independentes permitiu que o tráfego motorizado pesado não fosse tão suscetível à influência causada pela circulação das bicicletas.

Apresenta-se sob forma de histograma os resultados obtidos para a velocidade média de percurso UA/Estação dos veículos pesados.

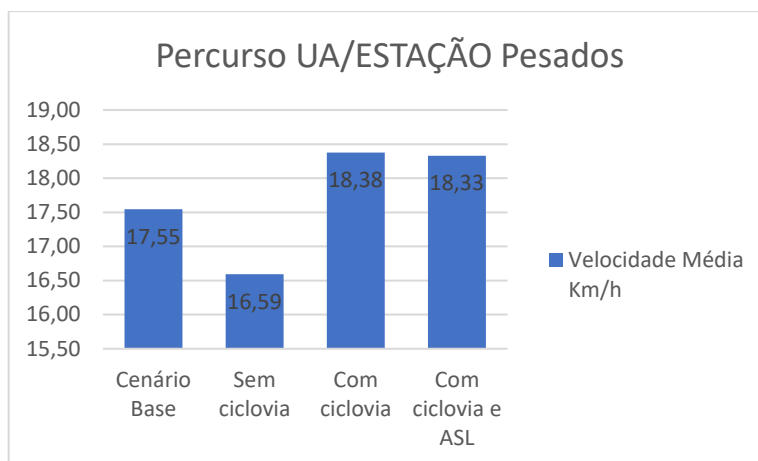


Figura 95- Velocidade média de percurso para UA/Estação para os veículos pesados.

Da análise da Figura 95, a velocidade média praticada no percurso UA/Estação para os veículos pesados é de 17,6 km/h. A análise comparativa terá como base a velocidade média praticada no cenário base.

O cenário sem ciclovias apresentou uma velocidade média de 16,6 km/h, o que representa uma diminuição de cerca de 5,5% face ao cenário base. O cenário com ciclovias apresenta a maior velocidade média, com 18,4 km/h, permitindo um acréscimo de 4,7%. O cenário com ciclovias e ASL apresenta um valor de velocidade média de 18,3 km/h, constituindo assim um acréscimo face ao cenário base de 4,4%.

A circulação em corredores independentes (cenário com ciclovias e cenário com ciclovias e ASL) permitiu a obtenção de maiores velocidades face aos cenários onde tal acontece parcialmente (cenário base) e onde tal não existe (cenário sem ciclovias).

4.3.3.2. Percurso Estação/UA

Os resultados referentes ao percurso Estação/UA para os veículos pesados encontram-se dispostos na Tabela 23.

Tabela 23- Tempo de percurso Estação/UA para os veículos pesados.

Cenário	Base	Sem ciclovias	Com ciclovias	Com ciclovias e ASL
Tempo (s)	486,0	506,1	476,5	484,2

Fazendo uma comparação com o cenário base, com um valor de tempo de percurso de 486,0 segundos como valor de referência. O cenário sem ciclovias foi de entre os cenários

simulados aquele que necessitou maior tempo para concluir o percurso, gastando mais 20,2 segundos, ou 4,1% face ao cenário base.

O cenário com ciclovia foi aquele que menor tempo necessitou, apresentando um valor de 476,5 segundos, permitindo a poupança de 9,5 segundos, ou de 2% face ao cenário base.

O cenário com ciclovia e ASL obteve um valor de tempo de percurso de 484,2 segundos, permitindo a poupança de 1,8 segundos, ou de 0,4% face ao cenário base.

A Figura 96 apresenta os valores referentes à velocidade média praticada pelos veículos pesados no percurso Estação/UA.

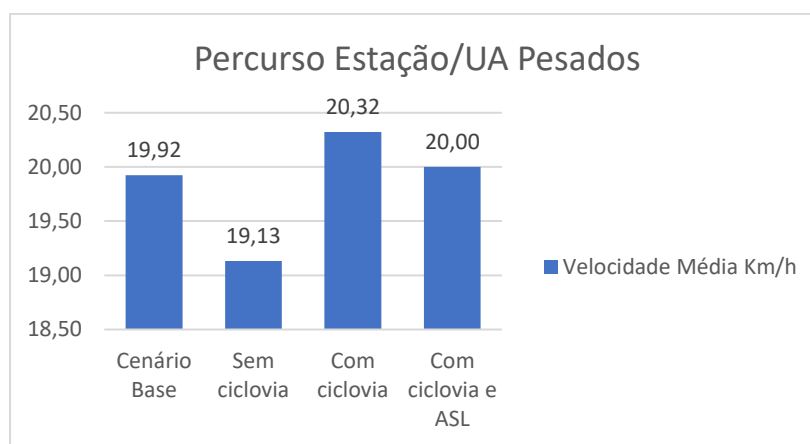


Figura 96- Velocidade média praticada no percurso Estação/UA para os veículos pesados.

Da análise da Figura 96, a velocidade média praticada no cenário base para os veículos pesados foi de 19,92 km/h, servindo este de valor comparativo para os restantes cenários simulados.

O cenário sem ciclovia apresentou um valor de velocidade média de 19,13 k/h, sendo inferior ao cenário base em cerca de 4%. O cenário com ciclovia apresentou o maior valor de velocidade média, com cerca de 20,32 km/h, permitindo um acréscimo de 2% face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL obteve uma velocidade média de 20 km/h, permitindo um acréscimo de 0,4% quando comparado com o cenário base.

Nos cenários onde foram criadas vias cicláveis/ciclovias permitiram uma maior velocidade média, resultante da circulação em vias independentes entre si. O cenário sem ciclovia ao ser classificado como tráfego misto, fez com que a presença de bicicletas tivesse influência no tempo de percurso e consequente velocidade média.

4.3.4. Conjunto de todos os veículos

4.3.4.1. Percurso UA/Estação

Os resultados apresentados em seguida, têm como objetivo a sua comparação com o cenário base. O conjunto global de todos os veículos engloba veículos ligeiros, pesados e bicicletas.

Em seguida, na Tabela 24 apresentam-se os valores do percurso UA/Estação, referentes ao tempo de percurso para o conjunto de todos os veículos.

Tabela 24- Percurso UA/Estação para o conjunto de todos os veículos.

Cenário	Base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Total (s)	498,2	500,9	461,2	476,6

O tempo de referência, obtido para o cenário base foi cerca de 498,2 segundos. Dos três cenários alternativos simulados, o cenário sem ciclovia foi o que necessitou mais tempo para percorrer o percurso, obtendo um valor de 500,9 segundos, isto é, demorou cerca de 0,5% mais tempo, gastando mais 2,7 segundos.

Relativamente ao cenário com ciclovia, o mesmo foi o que necessitou de menor tempo, obtendo um valor de 461,2 segundos. Comparativamente ao cenário base, este demorou 7,4% menos tempo, conseguindo-se poupar 37 segundos.

O cenário com ciclovia e ASL apresentou um valor de 476,6 segundos, demorando comparativamente ao cenário base cerca de 4,3% menos tempo, poupando 21,6 segundos.

Dos resultados apresentados anteriormente, quer o cenário com ciclovia quer o cenário com ciclovia e ASL demonstraram que existiu uma melhoria no tempo de percurso, apesar da existência de salvaguardas, nomeadamente uma via ciclável com 1 metro de largura no exterior da faixa de rodagem e de caixas de espera nas interseções luminosas.

Relativamente aos tempos de percurso, os cenários em que a circulação de bicicletas se realiza por vias independentes, apresentaram a menor duração. O cenário base sendo um cenário com caráter intermédio, apresentou um valor dentro do campo teórico espetável, isto é, entre os valores dos cenários sem infraestrutura e dos cenários com infraestrutura ciclável dedicada.

A Figura 97 apresenta os resultados relativos para as velocidades médias nos diferentes cenários.

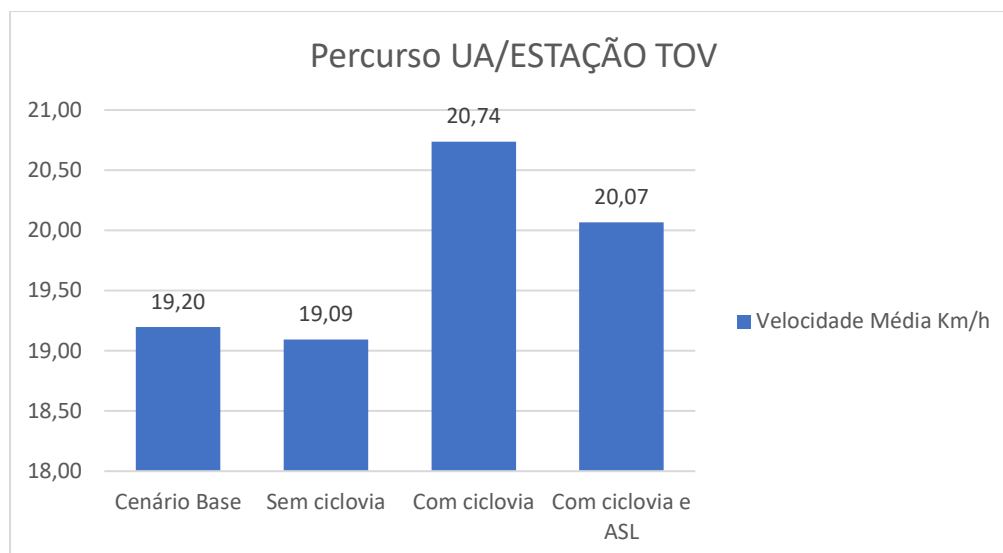


Figura 97- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação para o conjunto de todos os veículos.

No que diz respeito às velocidades médias no percurso UA/Estação, conforme apresentado na Tabela 24, o percurso base obteve um valor de 19,20 km/h. Uma vez que a distância percorrida foi a mesma, e a mesma se relaciona com a velocidade média, o percurso com ciclovias foi naturalmente o que obteve o valor mais elevado, com cerca de 20,74 km/h, o que representa um acréscimo de 8% relativamente ao cenário base.

O cenário sem ciclovias obteve o valor de 19,09 km/h, e tal pode ser justificado pelo maior tempo de ultrapassagem que um veículo pesado necessita para efetuar a manobra sobre uma bicicleta, nos locais onde existe maior volume de tráfego. Como tal, a velocidade média praticada foi 0,6% menor do que o cenário base.

O cenário com ciclovias e ASL apresentou um valor de velocidade média de cerca de 20,07 km/h, o que comparativamente ao cenário base representa um acréscimo de 4,5%.

Os cenários com infraestrutura dedicada à bicicleta permitiram uma maior velocidade média de viagem para o conjunto de todos os veículos.

4.3.4.2. Percurso Estação/UA

Em seguida, na Tabela 25 apresentam-se os valores do percurso Estação/UA, referentes ao tempo de percurso.

Tabela 25- Percurso Estação/UA para o conjunto de todos os veículos.

Cenário	Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Total (s)	420,2	416,5	411,4	448,0

O tempo total de percurso para o cenário base foi 420,2 segundos. O cenário sem ciclovía apresentou um valor de 416,5 segundos, representando uma diminuição de 0,87% face ao cenário base, permitindo a poupança de 3,7 segundos no percurso indicado. O cenário com ciclovía apresentou um valor menor que o cenário base, tendo o valor de 411,4 segundos, representando uma diminuição de 2,1% face ao cenário base, permitindo poupar 8,8 segundos. Por seu lado, o cenário com ciclovía e ASL apresenta o valor de 448,0 segundos, o que representa um acréscimo de 6,6%, sendo necessário mais 27,9 segundos para concluir o mesmo percurso.

O cenário com ciclovía permitiu um tempo de percurso mais reduzido, o que demonstra a influência da presença de infraestrutura dedicada à bicicleta. O valor obtido para o cenário com ciclovía e ASL tendo infraestrutura dedicada à bicicleta, dando inclusive prioridade nas interseções semaforizadas, provocou um aumento do tempo de percurso para o conjunto de todos os veículos. Este valor poderá ter sido influenciado pelo resultado apresentado para os veículos ligeiros, onde o cenário com ciclovía e ASL foi igualmente aquele que necessitou de maior tempo de percurso.

Relativamente às velocidades médias registadas no percurso, serão seguidamente apresentadas sob forma de histograma, na Figura 98.

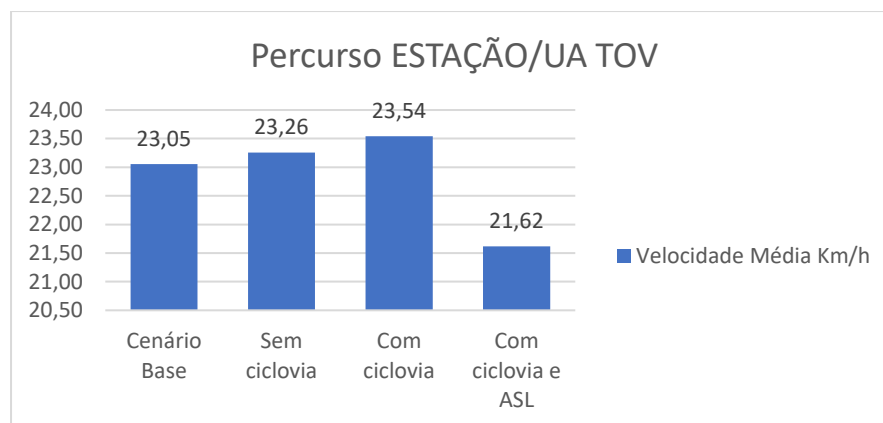


Figura 98- Velocidade média praticada no percurso Estação/UA para o conjunto de todos os veículos.

Da figura, é possível retirar as velocidades médias, tendo o cenário base obtido o valor de 23,05 km/h. O cenário com ciclovía apresenta o valor mais elevado dos cenários simulados, com um valor de 23,54 km/h, o que representa um acréscimo de 2,1% face ao cenário base. O cenário sem ciclovía apresenta o valor de 23,26 km/h, que constitui face ao cenário base um ganho de 0,9%. Por seu lado, o cenário com ciclovía e ASL dos cenários simulados apresentou o menor valor, com cerca de 21,62 km/h, que constitui cerca de 6% a menos que o cenário base.

4.4. Nível de serviço nas interseções

O programa VISSIM permite a análise das interseções tendo em base o HMC 2010, sendo assim possível recolher dados relativos ao nível de serviço (LOS) nas diferentes interseções do percurso escolhido.

Os resultados retirados do programa, encontram-se no anexo F.

4.4.1. Veículos ligeiros

Em seguida, na Tabela 26 estão dispostos os valores retirados do simulador, para os veículos ligeiros, ao longo das 19 interseções.

Tabela 26- Nível de serviço nos diferentes cenários para os veículos ligeiros.

Nível de serviço	Cenário			
	Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
A	12	12	12	12
B	1	2	2	2
C	2	1	2	2
D	2	2	2	1
E	2	2	1	2
F	0	0	0	0

Da análise da Tabela 26, torna-se possível fazer uma comparação entre os diferentes cenários simulados, no que diz respeito ao desempenho das interseções. Na tabela encontra-se o número de interseções repartidas pelo seu nível de serviço, para os diferentes cenários. O cenário com ciclovía é de entre os quatro, aquele que apresenta um melhor desempenho para os veículos ligeiros, ao apresentar somente uma interseção com um nível de serviço E, enquanto os restantes obtiveram todos duas interseções com esse nível de serviço. A interseção em causa trata-se da rotunda das pontes, classificada com o número 10 na lista de interseções estudadas. A existência de uma via ciclável no interior do anel de circulação não prejudicou a performance da interseção, permitindo inclusive melhorar o nível de serviço praticado.

O cenário com ciclovias e ASL apresenta-se como o segundo cenário com melhores indicadores de nível de serviço. O mesmo distingue-se do cenário sem ciclovias na interseção 9, obtendo nível C no caso do cenário com ciclovias e ASL, e nível D no caso do cenário sem ciclovias.

Da Tabela 26, o cenário base foi aquele que apresentou menores níveis de serviço de entre os cenários testados, apresentando no conjunto de níveis de serviço C, D e E cerca de 6 interseções, comparativamente aos restantes cenários que apresentam 5 interseções.

Ao analisar os resultados apresentados no Anexo F, constata-se que a introdução de uma via ciclável melhorou o desempenho da interseção 9, face aos cenários onde tal não existe.

4.4.2. Bicicletas

Em seguida na Tabela 27, estão dispostos os valores referentes ao nível de serviço das interseções para a bicicleta.

Tabela 27- Nível de serviço nos diferentes cenários para a bicicleta.

Nível de serviço	Cenário			
	Base	Sem ciclovias	Com ciclovias	Com ciclovias e ASL
A	14	13	16	16
B	3	1	2	0
C	1	2	1	2
D	1	1	0	1
E	0	2	0	0
F	0	0	0	0

Da análise da Tabela 27, o cenário com ciclovias é de entre os cenários simulados aquele que apresenta melhores níveis de serviço nas interseções para a bicicleta.

A existência de ciclovias e de vias cicláveis fazem com que a bicicleta consiga evitar as filas de trânsito, permitindo assim uma melhoria nos tempos de espera e consequente melhoria nos níveis de serviço associados.

O cenário com ciclovias e ASL apresenta igualmente melhores níveis de serviço do que o cenário base, uma vez que as medidas simuladas incentivam a fluidez do tráfego de bicicletas.

A não existência de infraestrutura dedicada à bicicleta revelou um agravamento nos níveis de serviço, conforme demonstra os resultados do cenário sem ciclovias.

4.4.3. Veículos pesados

De seguida, na Tabela 28 apresenta-se os resultados referentes aos níveis de serviço para os veículos pesados.

Tabela 28- Níveis de serviço dos diferentes cenários para os veículos pesados.

Nível de serviço	Cenário			
	Base	Sem ciclovias	Com ciclovias	Com ciclovias e ASL
A	13	11	13	12
B	0	1	0	0
C	4	3	4	5
D	2	1	2	2
E	0	3	0	0
F	0	0	0	0

A análise da Tabela 28 permite comparar os quatro cenários simulados entre si. O cenário base e o cenário com ciclovias apresentam os melhores desempenhos, o que permite concluir que a existência de ciclovias e de vias cicláveis não foi prejudicial ao desempenho do tráfego pesado. O cenário sem ciclovias foi o cenário que apresentou piores níveis de serviço, uma vez que o veículo pesado fica retido mais tempo nas interseções. O cenário com ciclovias e ASL apresentou um resultado intermédio entre o base/com ciclovias e o cenário sem ciclovias.

4.4.4. Conjunto de todos os veículos

Em seguida, na Tabela 29 encontram-se dispostos os valores retirados do simulador, para o conjunto de todos os veículos, ao longo das 19 interseções estudadas.

Tabela 29- Nível de serviço nos diferentes cenários para o conjunto de todos os veículos.

Nível de serviço	Cenário			
	Base	Sem ciclovias	Com ciclovias	Com ciclovias e ASL
A	12	12	12	12
B	1	2	2	2
C	3	1	2	2
D	1	3	2	1
E	2	1	1	2
F	0	0	0	0

Da análise da Tabela 29, torna-se possível comparar os diferentes cenários simulados, sendo agora respeitante ao conjunto de todos os veículos.

O cenário com ciclovias é de entre os quatro cenários testados aquele que apresenta no global, os melhores níveis de serviço no que diz respeito ao conjunto de todos os veículos. Tal demonstra que a existência de uma via ciclável com 1 metro de largura no bordo exterior da faixa de rodagem e a existência de uma via ciclável no interior do anel de circulação no caso das rotundas, não prejudicou o desempenho das interseções.

Tal como no caso dos veículos ligeiros, o cenário com ciclovias e ASL obteve igualmente bons desempenhos no caso do conjunto de todos os veículos, sendo a diferença face ao cenário com ciclovias a interseção 10, onde o cenário com ciclovias obteve um nível de serviço D e o cenário com ciclovias e ASL, um nível de serviço E.

No conjunto de todos os veículos, o cenário sem ciclovias obteve os piores indicadores de nível de serviço dos quatro cenários testados.

4.5. Atraso do tempo de viagem dos veículos

O atraso dos veículos foi retirado do simulador VISSIM, sendo a diferença entre o tempo de viagem teórico ideal e o tempo de viagem real para cada veículo.

Em seguida, na Tabela 30, apresenta-se a soma de todos os atrasos para cada veículo ligeiro, nos diferentes cenários simulados.

Tabela 30- Atraso dos veículos ligeiros nos diferentes cenários.

Cenário	Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Atraso (s)	225,1	238,0	222,6	238,5

Face os resultados dispostos na Tabela 30, é possível afirmar que o cenário com ciclovía é aquele que permite menores atrasos teóricos ao longo das interseções do percurso. Tendo como valor comparativo o cenário base, com cerca de 225,1 segundos, o cenário com ciclovía obteve 5,7% maior tempo de atraso; o cenário com ciclovía e ASL obteve 6% maior tempo de atraso.

Por seu lado, o cenário com ciclovía permitiu uma redução de 1,1% no tempo de atraso.

Em seguida, na Tabela 31, apresenta-se a soma de todos os atrasos para o conjunto de todos os veículos.

Tabela 31- Atraso para o conjunto de todos os veículos nos diferentes cenários.

Cenário	Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Atraso (s)	223,6	236	220,3	238,4

Ao relacionar os dados apresentados na Tabela 31 entre si, verifica-se que o cenário com ciclovía é aquele que permite menores atrasos ao longo do percurso, tal como acontece no caso dos veículos ligeiros.

Ao fazer-se uma análise comparativa com o cenário base, tendo este um valor de 223,6 segundos, o cenário sem ciclovía obteve um atraso 5,5% maior; o cenário com ciclovía e ASL foi dos cenários simulados aquele que mais atraso provocou no conjunto de todos os veículos, sendo 6,6% maior que o cenário base. Como dito anteriormente, o cenário com ciclovía permitiu o menor tempo de atraso, sendo a poupança de 1,5% face ao cenário base.

4.6. Atraso médio na paragem dos veículos

O simulador VISSIM fornece os dados relativos ao atraso médio sofrido na paragem em cada uma das interseções. Os resultados referentes a cada interseção encontram-se no anexo H.

Apresenta-se de seguida na Tabela 32, os resultados referentes aos veículos ligeiros, sendo os mesmos o somatório dos atrasos médios de cada cenário.

Tabela 32- Atraso médio na paragem para os veículos ligeiros.

Cenário	Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Atraso médio na paragem (s)	115,6	117,9	120,6	128,4

Da Tabela 32, verifica-se que o cenário base foi aquele que registou menores valores para o atraso médio no caso dos veículos ligeiros, tendo o valor total de 115,6 segundos. O cenário sem ciclovía registou um atraso médio maior comparativamente ao cenário base de 1,7%. Por seu lado, o cenário com ciclovía implica que o condutor de um veículo tenha de detetar a trajetória de pelo menos duas vias. Esse facto contribui para um acréscimo no valor dos atrasos médios em cerca de 4,4%. O cenário com ciclovía e ASL foi dos cenários testados aquele que registou o maior atraso médio, tendo comparativamente ao cenário base um valor de 11,1%.

Seguidamente encontra-se dispostos na Tabela 33, os resultados referentes ao conjunto de todos os veículos.

Tabela 33- Atraso médio na paragem para o conjunto de todos os veículos.

Cenário	Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Atraso médio na paragem (s)	115,1	116,8	119,9	127,6

Da Tabela 33, constata-se que o cenário base foi de entre os cenários simulados aquele que registou o menor valor para o atraso médio no conjunto de todos os veículos, tendo um valor de 115,1 segundos. O cenário sem ciclovía, quando comparado com o cenário base

teve um atraso médio na paragem superior em cerca de 1,5%. O cenário com ciclovia obteve face ao cenário base um valor de atraso médio superior em 4,2%. Por ultimo, de entre os cenários simulados, o cenário com ciclovia e ASL teve o maior dos atrasos médio, sendo 10,9% superior ao atraso médio registado para o cenário base.

Embora os cenários com infraestrutura dedicada à bicicleta apresentem maiores valores para o somatório do atraso médio durante a paragem, a presença da infraestrutura dedicada à bicicleta permite que as velocidades médias durante o trajeto sejam maiores. Embora o tempo perdido nas paragens seja maior, é compensado pela livre circulação nas vias.

4.7. Número de paragens

O simulador VISSIM indica qual o número médio de paragens que cada veículo realiza ao longo do percurso. Os resultados referentes em cada uma das interseções encontra-se disposto no Anexo G.

4.7.1. Veículos ligeiros

Segue-se na Tabela 34, os valores referentes ao número de paragens para o caso dos veículos ligeiros.

Tabela 34- Número de paragens médio para os veículos ligeiros.

Cenário	Base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Numero médio de paragens	13,4	14,6	12,8	12,9

Da análise da Tabela 34, é possível retirar que para os veículos ligeiros o cenário com ciclovia é aquele que regista menor número de paragens nas interseções estudadas.

Face ao cenário base, o cenário sem ciclovia apresenta cerca de 9,7% mais paragens, sendo o cenário que apresentou maior número. Dos quatro cenários simulados, aqueles onde existe via ciclável obtiveram menor número de paragens médias, apresentando o cenário com ciclovia 4,4% menos paragens face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL, por seu lado apresenta 3,1% menos paragens, comparativamente ao cenário base.

Os cenários com infraestrutura dedicada à bicicleta permitiram uma diminuição do número de paragens nas interseções, ao longo do trajeto proposto para estudo.

Ao cruzar a informação do cenário com ciclovia e ASL da Tabela 30 com a Tabela 34, pode-se afirmar que a presença da linha avançada de paragem diminui o número de paragens realizadas, sendo que no entanto, aumenta a sua duração da mesma.

4.7.2. Bicicletas

Segue de seguida na Tabela 35, os valores referentes ao número de paragens para as bicicletas.

Tabela 35- Número de paragens médio para as bicicletas.

Cenário	Base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Numero médio de paragens	5,0	10,5	4,4	5,2

Fazendo uma análise aos resultados presentes na Tabela 35, tendo como valor comparativo o valor do cenário com ciclovia de 5,0 de média de paragens. O cenário sem ciclovia apresentou dos cenários resultados o pior valor de paragens, sendo 208,6% maior que o base. Por seu lado, o cenário com ciclovia obteve o menor número de paragens, permitindo uma redução de 13% face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL obteve uma média ligeiramente superior ao cenário base, sendo 3,6% superior.

A presença de ciclovias e vias cicláveis demonstrou-se positiva na redução das paragens nas interseções.

4.7.3. Veículos pesados

Encontram-se dispostas na Tabela 36 os resultados referentes ao número de paragens para os veículos pesados.

Tabela 36- Número de paragens médio para os veículos pesados.

Cenário	Base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Número médio de paragens	9,6	14,6	8,3	8,2

O cenário base apresentou um valor de 9,6 paragens. Comparativamente, o cenário sem ciclovia obteve o maior número de paragens dos cenários simulados, sendo 52,2% superior ao cenário base. Tanto o cenário com ciclovia e o cenário com ciclovia e ASL apresentaram valores referentes ao número de paragens inferiores ao cenário base, sendo 13,1% e 15 % respetivamente. A existência de infraestrutura dedicada à bicicleta foi vantajosa para os veículos pesados, pois permitiu que os mesmos não efetuassem tantas paragens caso não existisse a infraestrutura ciclável.

4.7.4. Conjunto de todos os veículos

Em seguida, na Tabela 37, apresentam-se os resultados referentes ao número de paragens para o conjunto de todos os veículos.

Tabela 37- Número de paragens médio para o conjunto de todos os veículos.

Cenário	Base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Número médio de paragens	13,3	14,4	12,6	12,8

Fazendo uma análise aos resultados presentes na Tabela 37, constata-se que no conjunto de todos os veículos é vantajosa a existência de vias cicláveis e ciclovias no que diz respeito ao número médio de paragens nas interseções. Fazendo uma análise comparativa entre o cenário base, tendo este o valor de 13,3, o cenário sem ciclovia apresenta mais 8,5%. O cenário com ciclovia apresenta uma melhoria de 5,2% relativamente ao cenário base; e o cenário com ciclovia e ASL igualmente uma melhoria de 3,7%.

Para o conjunto de todos os veículos a presença de infraestrutura dedicada à bicicleta permitiu que não se efetuassem tantas paragens durante o trajeto estudado.

Ao cruzar a informação da Tabela 33 com a da Tabela 37, constata-se que no cenário com ciclovia e ASL o número de paragens médio é inferior ao do cenário base, mas no entanto a presença da linha de paragem avançada aumenta a duração da paragem.

4.8. Comprimento da fila de espera

Os resultados referentes ao comprimento da fila de espera máxima encontram-se no anexo J. De seguida, na Tabela 38, encontra-se o somatório dos comprimentos da fila de espera máxima durante o período de estudo de 1 hora.

Tabela 38- Comprimento da fila de espera máxima.

Cenário	Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Comprimento da fila de espera máxima (m)	2273,4	2312,0	1512,0	1779,8

Dos resultados apresentados na Tabela 38, o cenário com ciclovía apresenta os menores comprimentos das filas de espera nas interseções estudadas. Comparativamente com o cenário base, o cenário sem ciclovía apresenta um acréscimo de 1,7%. Por seu lado, o cenário com ciclovía apresenta uma diminuição de 44,41%. Tal pode ser explicado em parte pela existência de vias de circulação separadas, não existindo assim influência da velocidade das bicicletas nos restantes veículos. Uma vez que as taxas de aceleração e tempos necessários para percorrer as interseções são diferentes, faz com que as mesmas necessitem de mais tempo para se realizarem uma manobra.

Por último, o cenário com ciclovía e ASL obteve uma redução do comprimento da fila de espera máxima face ao cenário base, de cerca de 34,6%.

Os cenários com infraestrutura dedicada à bicicleta (cenário com ciclovía e cenário com ciclovía e ASL) permitiram uma clara diminuição do comprimento das filas de espera.

4.9. SSAM

4.9.1. Resultados obtidos

A Tabela 39 apresenta os resultados provenientes do programa SSAM, analisado para a totalidade da rede, em cada um dos diferentes cenários.

Tabela 39- Tipologia dos conflitos com base no programa SSAM.

	Tipo de conflito			Total	TTC (S)	PET (S)
	Atravessamento	Frente - Traseira	Mudança de via			
Cenário base	353	3955	447	4755	0,93	1,71
Rede Sem ciclovias	370	4791	512	5673	0,95	1,75
Rede com ciclovias	337	5686	667	6690	0,94	1,73
Rede com ciclovias e ASL	317	5415	607	6339	0,94	1,70

Para a análise dos conflitos pelo programa SSAM, não se considerou o MáxV (m/s), ΔV (m/s) e DR (s).

Encontram-se dispostos na Tabela 39 os resultados obtidos na análise de segurança efetuada pelo programa SSAM, tendo como base a média resultante da análise das 10 simulações efetuadas para cada cenário. De salientar que o programa não informa diretamente sobre a tipologia dos veículos envolvidos nos diferentes conflitos, impossibilitando assim uma análise mais concreta sobre a segurança da bicicleta em particular.

O cenário base apresentou um valor referente aos conflitos de atravessamento de 353 conflitos durante o período de simulação de 1 hora. A análise comparativa será feita tendo em conta o resultado obtido para este cenário. No que refere aos conflitos de atravessamento, o cenário sem ciclovias apresenta o maior valor registado, tendo mais 5% que o cenário base. Por seu lado, a introdução de vias cicláveis e de ciclovias, fez com que em ambos os cenários onde tal foi inserido se obtivessem menores valores referentes a conflitos de atravessamento, tendo o cenário com ciclovias 337 conflitos e o cenário com

ciclovias e ASL 317 conflitos, sendo 4,5% e 10,2% menores que o cenário base, respetivamente.

Quanto aos conflitos frente-traseira, o cenário base apresenta um total de 3955 conflitos ao longo de 1 hora de simulação, sendo o cenário que menor valor apresenta. O cenário sem ciclovias apresenta um total de 4791 conflitos, o que representa um acréscimo de 20% face ao cenário base. Já o cenário com ciclovias apresenta um valor de 5686 conflitos, o que representa um acréscimo de 43,8%; e o cenário com ciclovias e ASL apresenta 5415 conflitos, representando assim 36,9% mais que o cenário base, no que diz respeito aos conflitos frente-traseira.

No que respeita aos conflitos resultantes da mudança de via ao longo de uma hora de simulação, o cenário base apresenta 447 conflitos, sendo o cenário que menor valor regista. O cenário sem ciclovias apresentou 512 conflitos, representando um acréscimo de 14,5% face ao cenário base. Por seu lado, o cenário com ciclovias apresentou o maior valor referente aos conflitos resultantes da mudança de via, com um total de 667 conflitos, representando um acréscimo de 49,2%. O cenário com ciclovias e ASL apresentou 607 conflitos, representando um acréscimo de 35,8% face ao cenário base.

No total dos conflitos registados ao longo de 1 hora de simulação, o cenário base obteve o valor de 4755 conflitos, sendo o cenário que registou menores valores. O cenário sem ciclovias apresentou 5673 conflitos, o que representa um acréscimo de 19,3%. O cenário com ciclovias foi o que registou maior número de conflitos, tendo um total de 6690, sendo 40,7% superior ao cenário base. O cenário com ciclovias e ASL apresentou 6339 conflitos, sendo assim 33,3% superior ao cenário base.

No que diz respeito aos resultados referentes do tempo de colisão (TTC), o cenário base apresentou em média 0,93 segundos. Por seu lado, o cenário sem ciclovias obteve um valor de TTC de 0,95 segundos, o que representa um acréscimo de 2,2% face ao cenário base. O cenário com ciclovias e o cenário com ciclovias e ASL apresentaram ambos o valor de 0,94 segundos, representando um acréscimo de 1% face ao valor obtido pelo cenário base.

O valor obtido para o cenário base do PET (*post-encroachment time*), medido em segundos foi de 1,71 segundos. Por seu lado, o cenário sem ciclovias apresenta um valor de PET de 1,75 segundos, representando um acréscimo de 2,3% face ao cenário base, sendo o maior valor obtido. O cenário com ciclovias apresenta um PET de 1,73 segundos, representando um acréscimo de 1,2% face ao cenário base. Por seu lado, o cenário com ciclovias e ASL

apresentou um PET de 1,70 segundos, representando uma diminuição de 0,6% face ao cenário base.

4.9.2. Localização dos conflitos

O software SSAM permite a localização dos conflitos na rede em análise. No caso do cenário base, os principais focos de conflitos aconteceram nas interseções 8 (prioritária), interseção 13 (semaforizada) e interseção 15 (semaforizada). A Figura 99 apresenta parte do mapa disponibilizado pelo SSAM.

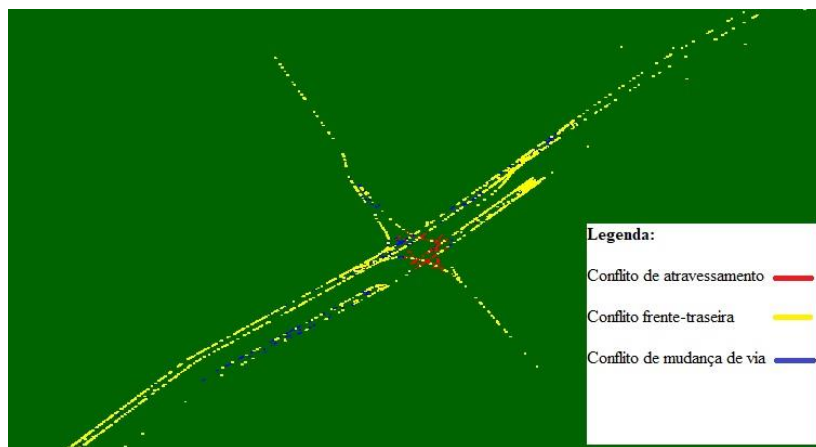


Figura 99- Principais zonas de conflitos no cenário base.

A disposição da Figura 99 apresenta a cor amarela os conflitos de frente-traseira, a cor vermelha os conflitos de atravessamento e a cor azul os conflitos de mudança de via.

Na Figura 100, apresenta-se o mapa dos principais conflitos resultantes da análise de trajetórias do cenário sem ciclovia.

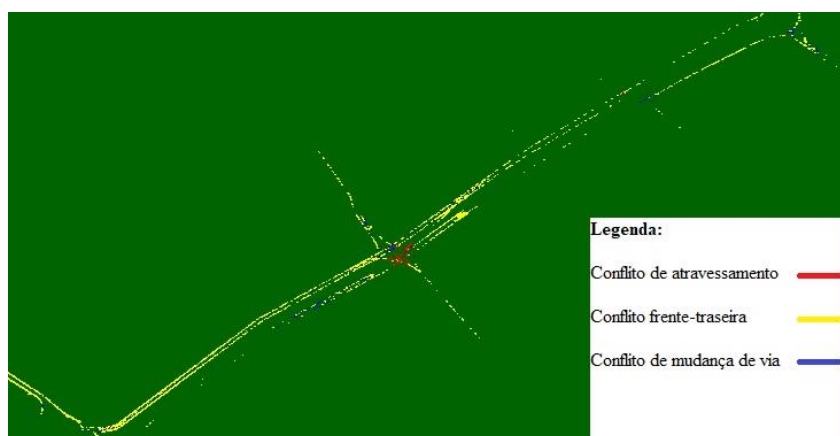


Figura 100- Principais zonas de conflito no cenário sem ciclovia.

A análise do mapa fornecido após interpretação das rotas, identificou a interseção 1 como um ponto na rede no qual ocorrem conflitos de atravessamento e de mudança de via. De salientar que na aproximação da entrada da rotunda do hospital vinda da Av. Artur Ravara regista igualmente conflitos de atravessamento. No cenário em causa, a interseção 8 (prioritária) apresenta também um elevado número de conflitos de atravessamento.

A Figura 101 apresenta o mapa resultante da interpretação das trajetórias introduzidas no SSAM, para o cenário com ciclovia.

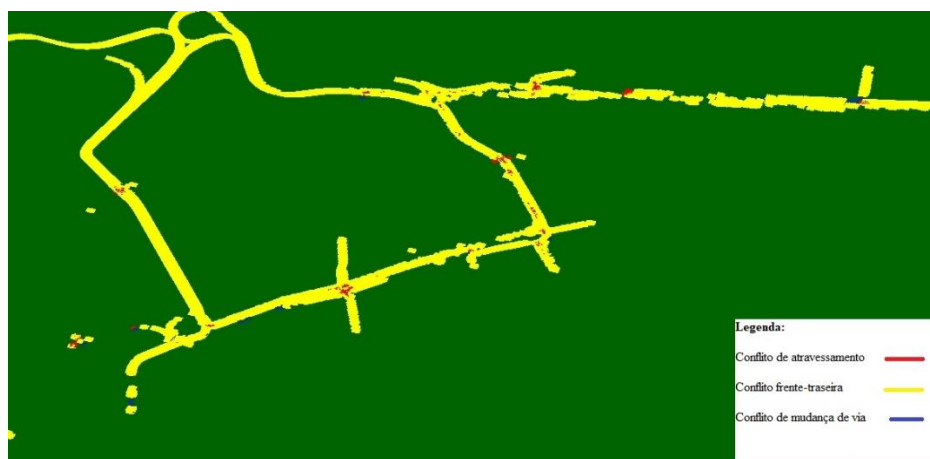


Figura 101- Principais locais de conflitos no cenário com ciclovia.

Da análise do mapa fornecido pelo software SSAM, as interseções que apresentam maiores conflitos são a interseção 3 (semáforizada), a interseção 8 (prioritária) e interseção 12 (semáforizada). O facto de os conflitos de atravessamento terem ocorrido principalmente em interseções reguladas por sinais luminosos, pode indiciar que o plano semafórico necessita de uma alteração com vista a se reduzir os possíveis conflitos.

Na Figura 102 apresenta-se o mapa com os principais locais de conflito do cenário com ciclovia e ASL.



Figura 102- Principais locais de conflitos existentes no cenário com ciclovia e ASL.

Da análise do mapa fornecido pelo software SSAM para o cenário com ciclovia e ASL, os principais locais de conflito localizam-se na interseção 1 (prioritária), na 1A (prioritária), 3 (semaforizada), 5 (prioritária), 6 (rotunda), 7 (prioritária), 8 (prioritária), 13 (semaforizada) e 15 (semaforizada). Na figura 102 encontra-se a zona da interseção 1, 1A e 2.

A zona da interseção 1 obteve um grande número de conflitos de atravessamento, tal pode ser explicado devido a ser uma interseção rodoviária com inclusão da ciclovia.

Capítulo 5 - Conclusões e trabalhos futuros

5. Conclusões e trabalhos futuros

5.1. Conclusões

A presente dissertação teve como objetivo apresentar medidas de apoio à bicicleta nos diferentes tipos de interseções rodoviárias.

A utilização bicicleta em Portugal ainda se encontra largamente associada ao lazer, sendo a sua utilização reduzida. A este fator encontra-se associado o facto de a legislação existente durante vários anos, não ter sido um fator de promoção da sua utilização. Somente com a Lei n°72/2013 foi dado à bicicleta o papel que ela merece, uma vez que está comprovado que em regiões urbanas a competitividade da bicicleta anda ao mesmo nível que o veículo automóvel.

Da realização da revisão bibliográfica efetuada, fica evidente que a realidade nacional ainda é bem diferente da de outros países. A falta de legislação rodoviária que proteja o ciclista adotando medidas que salvaguardem a existência do mesmo, nomeadamente ao nível das interseções, faz com que estas sejam pontos críticos na rede viária.

A realização de um caso de estudo na cidade de Aveiro, com recurso a microssimulação de tráfego, teve como principal objetivo a comparação de diferentes cenários, possibilitando a comparação do seu desempenho com vista à escolha daquele que salvaguarda mais o ciclista e não provoca congestionamentos no restante tráfego. A apresentação dos resultados no capítulo 4 revelou que a utilização de uma via ciclável com 1 metro de largura presente no extremo exterior da faixa de rodagem, não provocou um atraso excessivo nos veículos ligeiros (mais 2 segundos no sentido UA/Estação), permitindo a melhoria significativa nos tempos de viagem para os veículos pesados e para as próprias bicicletas. A análise da segurança, com recurso ao programa SSAM, demonstrou que os cenários com medidas de apoio à bicicleta, nomeadamente o cenário com ciclovia e o cenário com ciclovia e ASL, revelaram uma diminuição nos conflitos de cruzamento.

No que diz respeito aos níveis de serviço presentes nas diferentes interseções do percurso escolhido referente aos veículos ligeiros, a rotunda junto ao hospital reúne elevadas concentrações de veículos, criando assim longas filas de espera, provocando atrasos consideráveis aos utilizadores. A interseção, nos quatro cenários simulados revelou um nível de serviço E. A introdução de uma via ciclável permitiu aumentar o nível de serviço na interseção 9, passando de um D para um C, quer no cenário com ciclovia quer no cenário com ciclovia e ASL. Por seu lado, na rotunda das pontes, o cenário com ciclovia permitiu

a melhoria do nível de serviço, passando de nível E para nível D. Na Av. Dr. Lourenço Peixinho, na denominada interseção 14, o cenário base obteve o pior nível de serviço dos diferentes cenários simulados. No conjunto de todos os veículos, o cenário com ciclovias foi de entre os cenários simulados aquele que apresentou no geral melhores níveis de serviço nas diferentes interseções do percurso.

A simulação efetuada revelou que o atraso dos veículos e ao conjunto de todos os veículos é menor para o cenário com ciclovias. O número de paragens realizadas pelos utilizadores revelou ser menor no cenário com ciclovias, assim como a fila de espera nas interseções.

A região de Aveiro, em particular a cidade, apresenta boas condições para a ampla utilização da bicicleta em deslocações diárias, uma vez que a orografia da cidade, praticamente plana com exceção de raras e não muito extensas ruas onde a inclinação da via é mais acentuada. No sistema de transportes da cidade seria importante o fomento das políticas de transportes, nomeadamente com a implementação de medidas que favoreçam os modos suaves, entre os quais se enquadra a bicicleta. A presente dissertação procura apresentar algumas dessas medidas, com especial enfoque no tratamento da bicicleta junto a interseções, e demonstrar que é possível a sua implementação com impactos positivos para todos os utilizadores da rede viária.

5.2. Trabalhos futuros

Durante a realização da presente dissertação, constatou-se que em algumas interseções semaforizadas, deveria ser realizado um novo plano semafórico de modo a acomodar o tráfego que por lá circula, pois constatou-se que os atuais planos de regulação existentes se encontram de alguma forma desajustados à realidade existente.

Como na via pública interação entre si diferentes utilizadores, seria importante a criação de um modelo de microssimulação onde se estudassem peões, autocarros, para além de veículos ligeiros, veículos pesados. Assim, seria possível retratar a realidade atual existente na cidade de Aveiro com maior detalhe e realismo.

A dissertação apresenta um conjunto amplo de medidas de apoio à bicicleta, nomeadamente em interseções rodoviárias, que já se encontram implementadas noutros países. Com vista a reduzir as estatísticas da sinistralidade rodoviária propõe-se a sua introdução na rede viária da cidade.

Com vista ao mesmo objetivo de melhorar as condições de circulação da bicicleta, sugere-se a realização de um estudo antes/depois sobre a estatística dos acidentes envolvendo bicicletas, bem como da gravidade dos ferimentos, antes da introdução das medidas propostas e após introdução das mesmas.

Com intuito de estudar novos cicláveis entre a UA e a Estação Ferroviária propõe-se a realização de um inquérito aos utilizadores de bicicleta e a criação de um modelo de microssimulação que estude o percurso em causa.

Em Portugal ainda não existe um documento oficial onde se contemplem as principais soluções relativas à infraestrutura dedicada à bicicleta, onde se apresentem as dimensões das vias, a sinalização a implementar, os pavimentos, a iluminação, bem como todos os restantes aspetos importantes para a segurança do ciclista. A realização dum documento desse tipo deve contemplar o contexto urbano e o contexto rural.

Referências bibliográficas

- **Alta Planning + Design. (2008).** “Cycle Tracks: Lessons Learned”. Portland, USA;
- **American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).** (1999). “Guide for the development of bicycle facilities”. Retirado de www.aashto.org (acedido em outubro de 2016);
- **ANSR. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária. (2014).** “Os velocípedes” retirado de www.ansr.pt (acedido em outubro de 2016);
- **ANSR. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária. (2014).** “Guia do Peão”. Retirado de http://www.ansr.pt/Campanhas/Documents/Guia%20do%20Pe%C3%A3o%202013/Guia_do_Peao_ANSR_versao_04-02-2014.pdf (acedido em janeiro de 2017);
- **Brude, U., Larsson, J., (1999a).** “Trafiksakerhet i cirkulationsplatser for cyklister och fotgängare” (Motor vehicle safety at roundabouts). VTI, Report 864, Linköping, Sweden. Citado em Jensen (2016);
- **Câmara Municipal de Aveiro. (2012).** “Plano Municipal de Mobilidade de Aveiro – Relatório de Caracterização e Diagnóstico”. Aveiro;
- **Ciclando. (2013).** “Plano de promoção da bicicleta e outros modos suaves 2013-2020”. Retirado de http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Planeamento/DocumentosdeReferencia/PlanoNacionalBicicleta/Documents/PPBOMS_Final.pdf (acedido em outubro de 2016);
- **Comunidades Europeias. (2000).** “Cidade para as bicicletas, cidades para o futuro”. Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias: Luxemburgo;
- **Comissão Europeia. (2016).** “Energy in figures”. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/pocketbook_energy-2016_web-final_final.pdf (acedido em julho de 2017).
- **Crow. (2007).** “Design Manual for Bicycle Traffic”. CROW, Ede;
- **Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., Wets, G. (2009).** “Injury crashes with bicyclists at roundabouts: influence of some location characteristics and the design of cycle facilities”. *Journal of Safety Research* 40 (2009). Pág: 141-148. doi: 10.1016/j.jsr.2009.02.004;
- **Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., Wets, G., (2010).** “Explaining variation in safety performance of roundabouts”. *Accid. Anal. Prev.* 42, 393 – 402, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2009.08.019>. Citado em Jensen (2016);

- **Department of transport. (2007).** “Manual for the streets”. Retirado de <https://www.gov.uk/government/publications/manual-for-streets> (acedido em janeiro de 2017);
- **Department of transport, Scottish Executive, Welsh Assembly Government. (2008).** “Cycle Infrastructure Design”. Retirado de www.tsoshop.co.uk (acedido em outubro de 2016);
- **Federal Highway Administration. (2017).** SSAM 3.0;
- **Google Maps. (2017).** Google Inc;
- **Governo de Portugal. (1998).** Decreto regulamentar n°22-A/98, de 1 de outubro. Retirado de <http://www.ansr.pt/SegurancaRodoviaria/RegulamentoSinalizacaoTransito/Documents/RST-Decreto%20Regulamentar%2022-A-98.pdf> (acedido em janeiro de 2017);
- **Governo de Portugal. (2013).** Lei n°72/2013 retirado de http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1991&tabela=leis (acedido em outubro de 2016);
- **Hels, T., Moller, M. (2007).** “Cyklistsikkerhed i rundkorsler” (Bicycle safety at roundabouts). Danmarks Transportforskning, Report 4, Lyngby, Denmark. Citado em Jensen (2016);
- **Heydon, R., Lucas-Smith, M., (2014).** “Making space for cycling, A guide for new developments and street renewals”. Retirado de www.makingspaceforcycling.org;
- **Instituto de Infraestruturas Rodoviárias (INIR). (2011).** “Medidas de acalmia de tráfego”. Volume 3. Retirado de www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Paginas/IMTHome.aspx (acedido em outubro de 2016);
- **Jensen, S.U. (2016).** “Safe roundabouts for cyclists. Accid. Anal. Prev.”. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2016.09.005>;
- **Jorgensen, E., Jorgensen, N.O., (2002).** Trafiksikkerhed i rundkorsler i Danmark (Roadsafety at roundabouts in Denmark. Road Directorate, Report 235, Denmark. Citado em Jensen (2016);
- **Macedo. (2005).** “Seleção da tipologia de cruzamentos em função da procura”. FEUP. Porto;
- **Macedo. (2013).** “Apontamentos de apoio às aulas de Infraestruturas de Transporte”. Não editado;

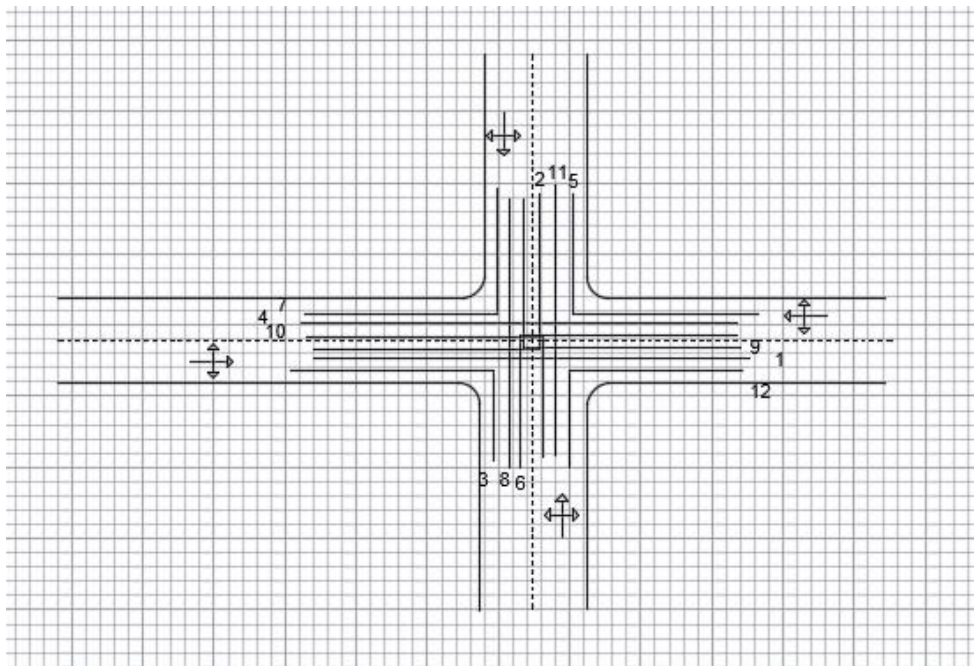
- **Maryland State Highway Administration. (2015).** “Bicycle Policy & Design Guidelines”. Retirado de http://roads.maryland.gov/ohd2/bike_policy_and_design_guide.pdf (acedido em fevereiro de 2017);
- **Minnesota State Department of Transportation. (2007).** “Bikeway Facility Design Manual”;
- **National Association of City Transportation Officials (NACTO). (2011).** “Urban bikeway Design Guide”. Retirado de <http://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/intersection-treatments/combined-bike-laneturn-lane/> (acedido em outubro de 2016);
- **National Transport Authority. (2011).** “National Cycle Manual”. Retirado de www.cyclemanual.ie;
- **Oliveira, L., (2015).** “Mobilidade Ciclável: Modelação de tráfego e de conflitos rodoviários”. Universidade de Aveiro. Aveiro. Retirado de <http://opac.ua.pt/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=278040>;
- **Pereira, T. (2015).** “Soluções de apoio ao transporte público em interseções semaforizadas”. Universidade de Aveiro. Aveiro. Retirado de <http://opac.ua.pt/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=281632>;
- **Portland, Bureau of Transportation. (2010).** “Bikeway facility design: survey of best practices, Appendix D”. Portland Bicycle Plan for 2030;
- **PTV GROUP. (2016).** VISSIM 9.00 – 06 thesis;
- **Ribeiro, J.N.; Fonseca, P.M.; Abreu e Silva, J. (2011).** “Necessidade de criação de normas de conceção de infraestruturas rodoviárias urbanas”. Revista Portuguesa de Sinalização, nº2, Ano 3, Associação Portuguesa de Sinalização e Segurança Rodoviária, pp 43-59. Lisboa. Citado em Sancho, P. (2013);
- **Sancho, P. (2013).** “Critérios de qualidade de infraestruturas cicláveis. Caso de estudo da rede ciclável de Faro”. Universidade de Évora. Évora;
- **Schoon, C. C., Van Minnenm J., (1993).** Ongevallen op rotondes 2 (Accidents at roundabouts 2). SWOV, Report R-93-16, The Netherlands. Citado em Jensen (2016);
- **Silva, R. (2012).** “Mobilidade Urbana: A bicicleta como meio de transporte diário”. FEUP, Porto;

- **Skshaug, L., Laureshyn, A., Svensson, A., Hyden, C., (2010).** “Cyclists in roundabouts: different design solutions. *Accid. Anal. Prev.* 42, 1338 – 1351, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.015>. Citado em Jensen (2016);
- **Sistema Municipal de Informação Geográfica de Aveiro. (2011).**
- **Sustrans. (2014).** “Handbook for cycle-friendly design”. Retirado de http://www.sustrans.org.uk/sites/default/files/file_content_type/sustrans_handbook_for_cycle-friendly_design_11_04_14.pdf (acedido em janeiro de 2017);
- **Technical and Environmental Administration, Traffic Department, Copenhagen. (2013).** “Focus on Cycling: Copenhagen Guidelines for the Design of Roads Projects”;
- **Transportation Research Board. (2010).** “Highway Capacity Manual 2010”;
- **Turner, S.A., Roozenburg, A.P., Smith, A.W., (2009).** “Roundabout crash prediction models”. NZ Transport Agency, Report 386, New Zealand. Citado em Jensen (2016);
- **UNC Highway Safety Research Center. (2013).** “Coasts for pedestrian and bicyclist infrastructure improvements”. University of North Caroline, USA.
- **Vera-Villarroel P., Contreras D., Lillo S., Beyle C., Segovia A., Rojo N., et al. (2016).** “Perception of safety and liking associated to the colour intervention of bike lanes: contribution from the behavioural sciences to urban design and wellbeing. *PLOS ONE* 11(8): e0160399. Doi: 10.1371/journal.pone.0160399;
- **Vilarinho, C. (2008).** “Calibração de modelos microscópicos de simulação de tráfego em redes urbanas.”. Tese de mestrado. FEUP, Porto.

Anexos

Anexo A- Contagens de tráfego

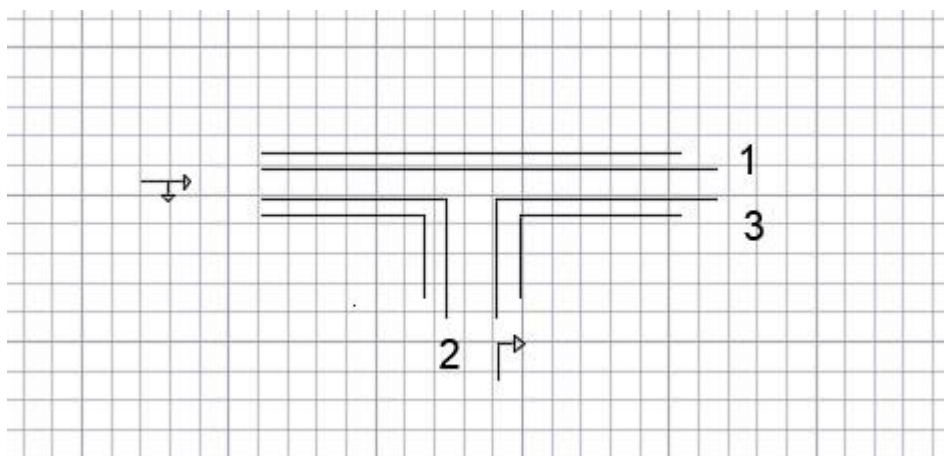
Interseção 1 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Avenida Jacinto Magalhães	1 (direção Hospital)
	2 (acesso local)
	3 (parque de estacionamento)
	4 (direção Universidade)
	5 (acesso local)
	6 (parque de estacionamento)
Parque de Estacionamento	10 (Universidade)
	11 (acesso local)
	12 (direção Hospital)
Acesso local	7 (Universidade)
	8 (parque de estacionamento)
	9 (direção Hospital)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	54
2	7
3	4
4	80
5	16
6	134
7	31
8	3
9	7
10	2
11	0
12	4

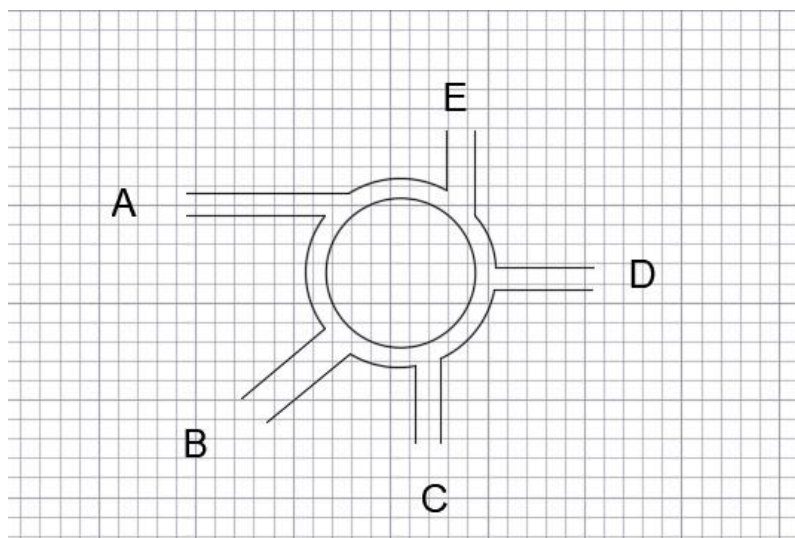
Interseção 1-A – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Avenida Jacinto Magalhães	1 (direção Hospital)
	2 (parque de estacionamento)
Parque de Estacionamento	3 (direção Hospital)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	75
2	0
3	57

Interseção 2 - Rotunda

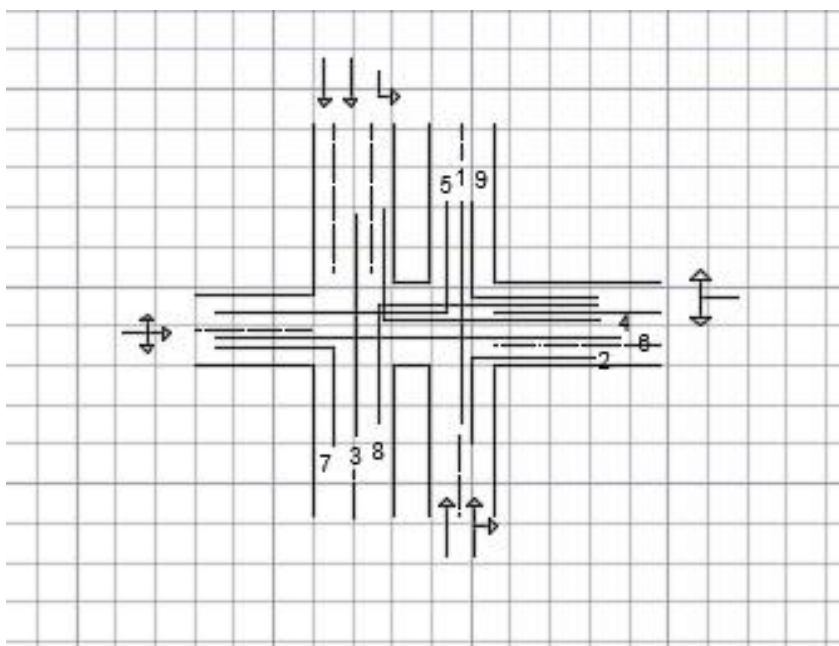


Designação	Rua
A	Calouste Gulbenkian
B	Av. Jacinto Magalhães
C	Av. da Universidade
D	Hospital
E	Av. Artur Ravara

Período da manhã: 8h30 – 9h30

		Saída				
		A	B	C	D	E
Entrada	A	7	76	217	11	114
	B	68	0	30	6	88
	C	307	123	300	21	238
	D	37	5	30	1	18
	E	270	85	276	5	5
	Total	689	289	853	44	463

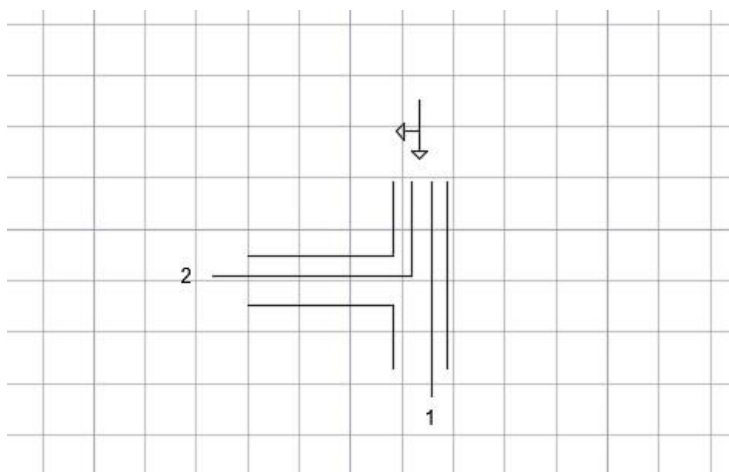
Interseção 3 – Interseção Luminosa



Rua	Movimentos Possíveis
Avenida Santa Joana	1 (direção Sê)
	2 (Av. Araújo)
	3 (direção Hospital)
	4 (Av. Araújo)
Rua Capitão Pizarro	5 (direção Sê)
	6 (Av. Araújo)
	7 (direção Hospital)
Av. Araújo e Silva	8 (direção Hospital)
	9 (direção Sê)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	342
2	25
3	374
4	143
5	52
6	101
7	54
8	104
9	47

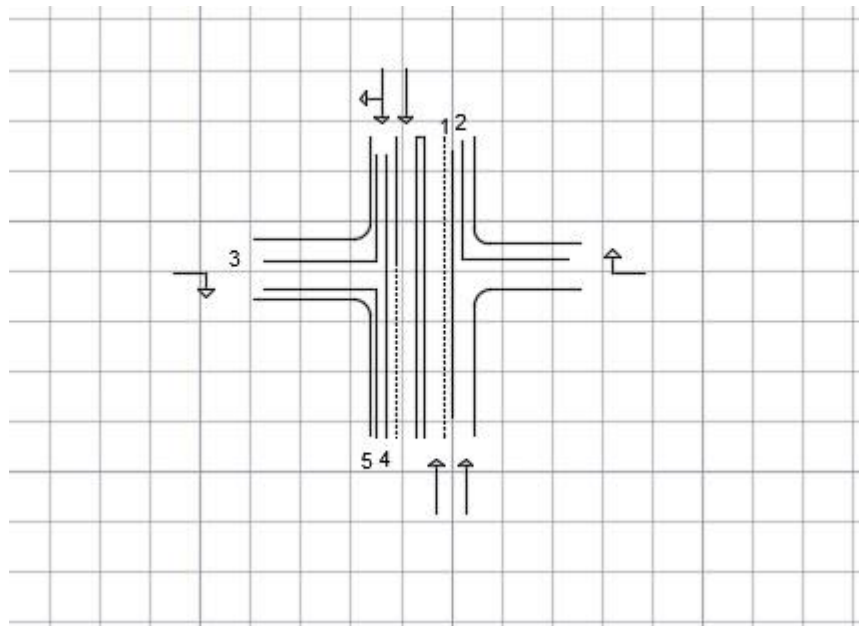
Interseção 3A – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Av. Artur Ravara	1 (Direção Hospital)
	2 (Rua do Homem Cristo Filho)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	546
2	31

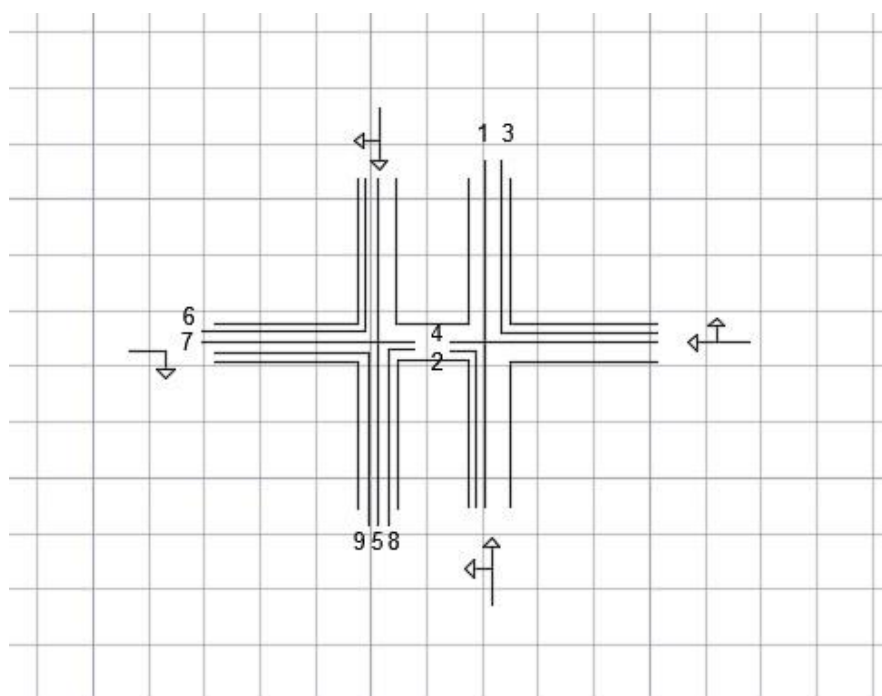
Interseção 4 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Avenida Santa Joana	1 (direção S)
	3 (Rua Gustavo Pinto Basto)
	4 (direção semáforos)
Rua Gustavo Pinto Basto	5 (direção semáforos)
Rua do Loureiro	2 (direção S)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	208
2	3
3	7
4	247
5	6

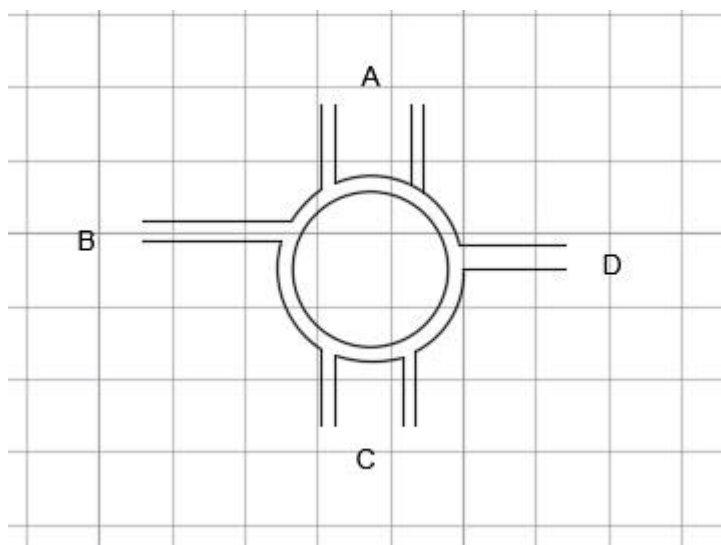
Interseção 5 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Avenida Santa Joana	1 (direção Sé)
	2 (viragem à esquerda)
	5 (direção semáforos)
	6 (Rua dos Combatentes da Grande Guerra)
	7 (Rua dos Combatentes da Grande Guerra)
Rua Eça de Queiroz	3 (direção Sé)
	4 (em frente)
Rua dos Combatentes da Grande Guerra	9 (direção semáforos)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	239
2	0
3	46
4	33
5	218
6	3
7	2
8	31
9	5

Interseção 6 - Rotunda

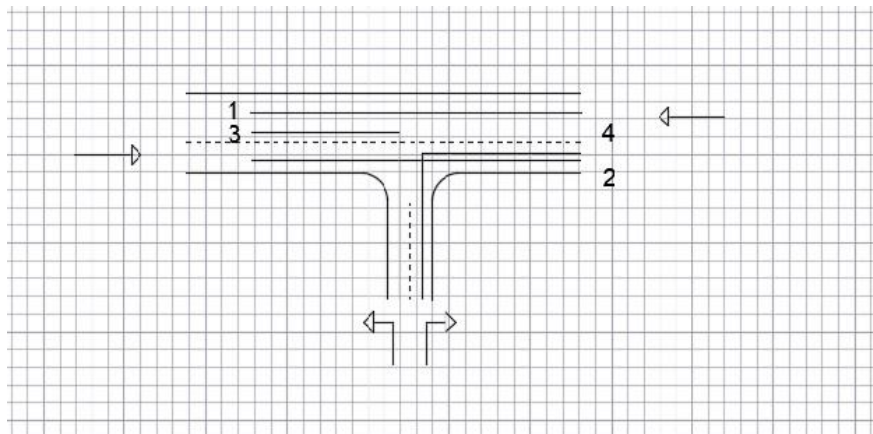


Designação	Rua
A	Av. 5 de Outubro
B	Batalhão dos Caçadores 10
C	Av. Santa Joana
D	Av. 25 de Abril

Período da manhã: 8h30 – 9h30

		Saída			
		A	B	C	D
Entrada	A	0	142	105	125
	B	126	0	171	160
	C	66	165	0	201
	D	115	145	74	0
	Total	307	452	350	486

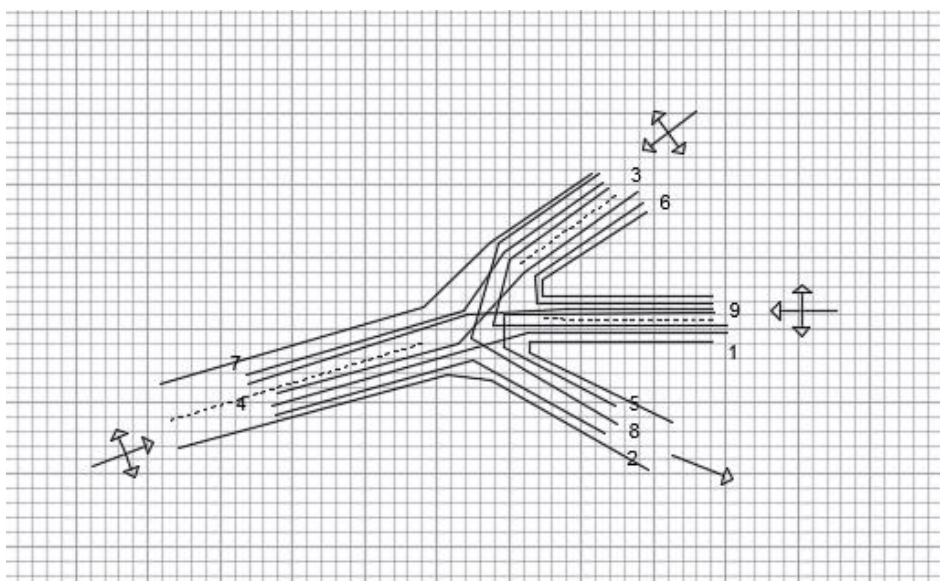
Interseção 7 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Batalhão de Caçadores 10	1 (Direção Pontes)
	2 (Direção Sé)
Dr. Nascimento Leitão	3 (Direção Sé)
	4 (Direção Sé)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	485
2	401
3	35
4	27

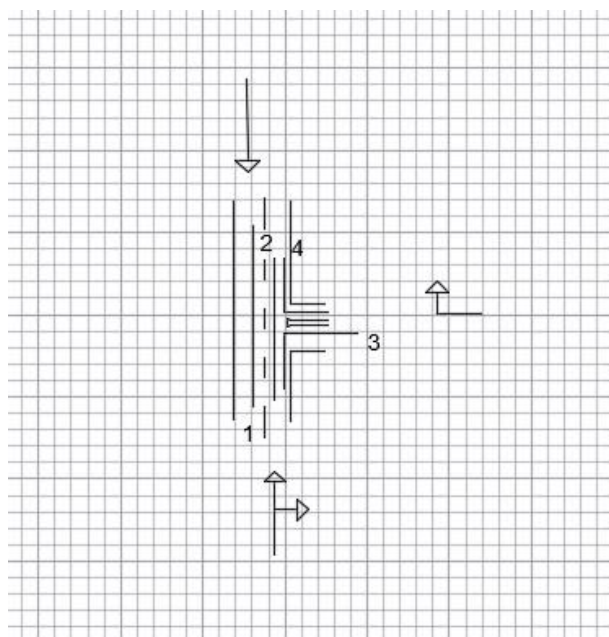
Interseção 8 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Batalhão de Caçadores 10	1 (Direção Sé)
	2 (Rua Dr. Nascimento Leitão)
	3 (Direção Cemitério)
	4 (Direção Pontes)
	5 (Rua Dr. Nascimento Leitão)
	6 (Direção Cemitério)
Cemitério	7 (Direção Pontes)
	8 (Rua Dr. Nascimento Leitão)
	9 (Direção Sé)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	324
2	19
3	6
4	385
5	11
6	47
7	21
8	0
9	23

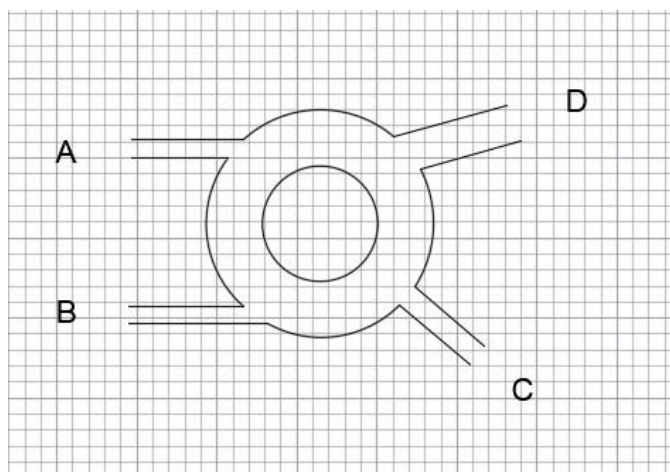
Interseção 9 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Batalhão de Caçadores 10	1 (Direção Sé)
	2 (Direção Pontes)
	3 (Estacionamento Fórum)
Estacionamento Fórum	4 (Direção Pontes)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	377
2	423
3	30
4	0

Interseção 10 - Rotunda

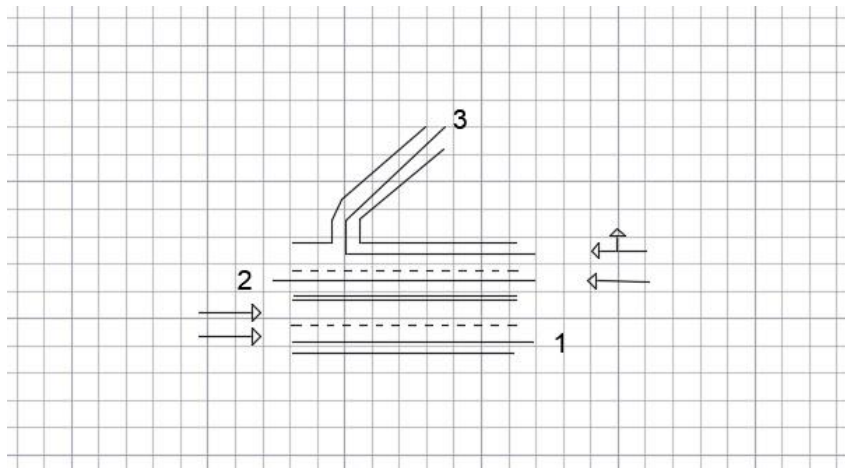


Designação	Rua
A	João Mendonça
B	Clube dos Galitos
C	Batalhão de Caçadores 10
D	Av. Dr. Lourenço Peixinho

Período da manhã: 8h30 – 9h30

		Saída			
		A	B	C	D
Entrada	A	0	117	68	86
	B	49	0	169	166
	C	115	193	0	162
	D	77	199	187	0
	Total	241	509	424	414

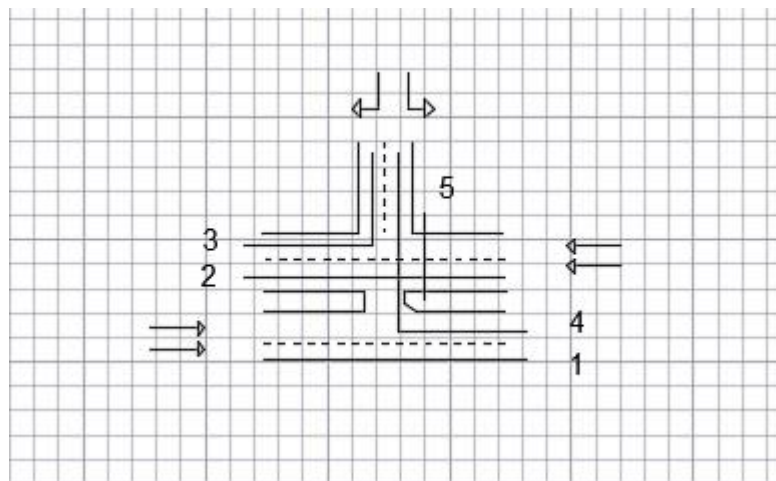
Interseção 11 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Av. Dr. Lourenço Peixinho	1 (Direção Estação)
	2 (Direção Pontes)
	3 (Rua José Estevão)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	488
2	470
3	34

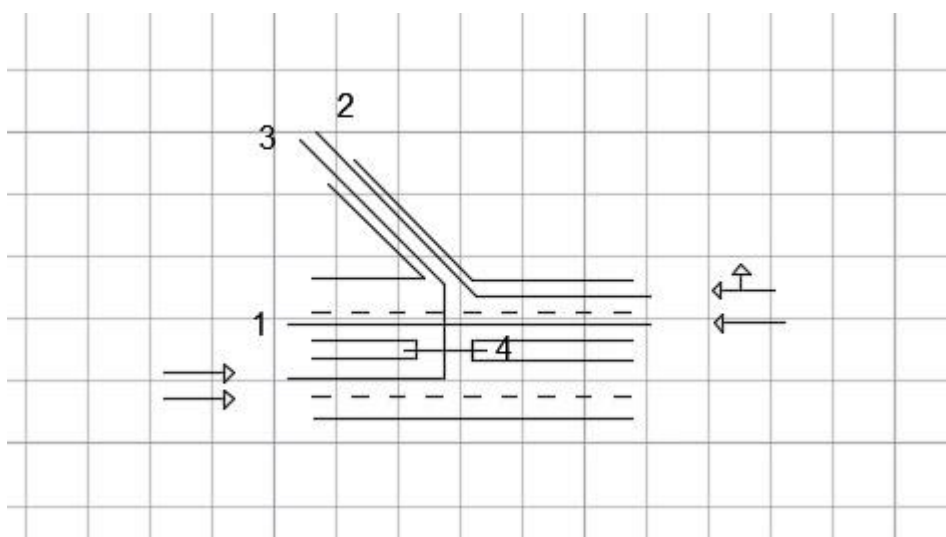
Interseção 12 – Interseção Luminosa



Rua	Movimentos Possíveis
Av. Dr. Lourenço Peixinho	1 (Direção Estação)
	2 (Direção Pontes)
	5 (Passadeira)
Rua Conselheiro Magalhães	3 (Direção Pontes)
	4 (Direção Estação)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	580
2	385
3	151
4	94
5	11

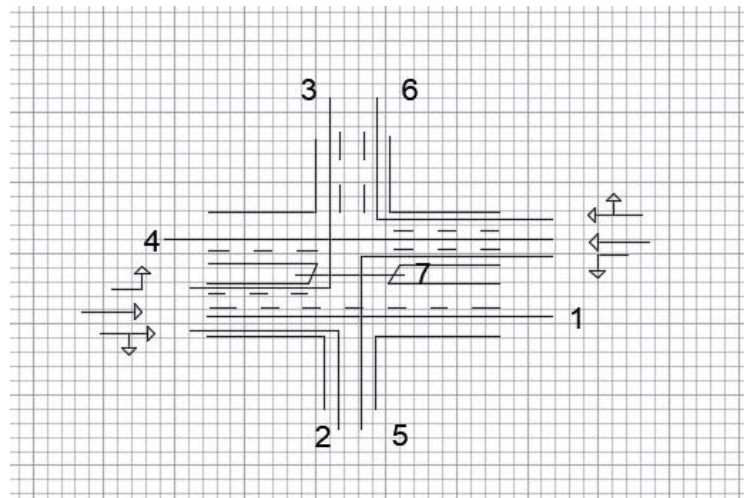
Interseção 13 – Interseção Luminosa



Rua	Movimentos Possíveis
Av. Dr. Lourenço Peixinho	1 (Direção Pontes)
	2 (Rua Agostinho Pinheiro)
	3 (Rua Agostinho Pinheiro)
	4 (Passadeira)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	409
2	77
3	169
4	7

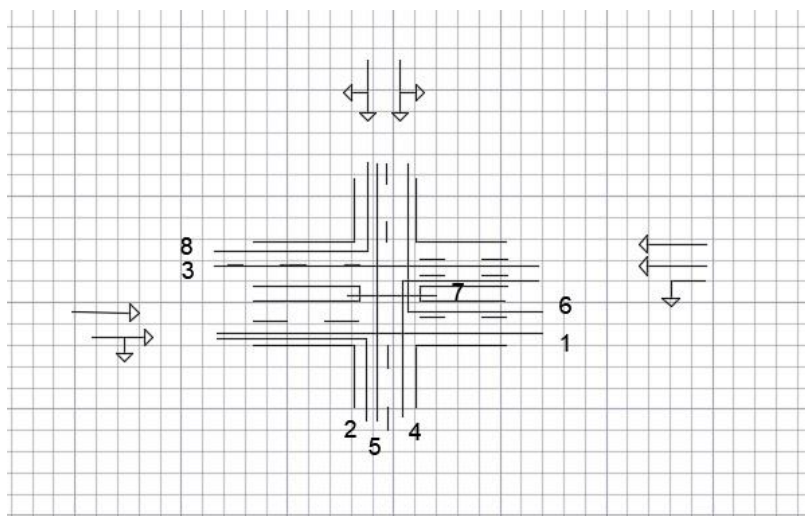
Interseção 14 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Av. Dr. Lourenço Peixinho	1 (Direção Estação)
	2 (Rua Silvério da Silva)
	3 (Rua Dr. Alberto Souto)
	4 (Direção Pontes)
	5 (Rua Silvério da Silva)
	6 (Rua Dr. Alberto Souto)
	7 (Passadeira)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	269
2	83
3	81
4	437
5	70
6	128
7	5

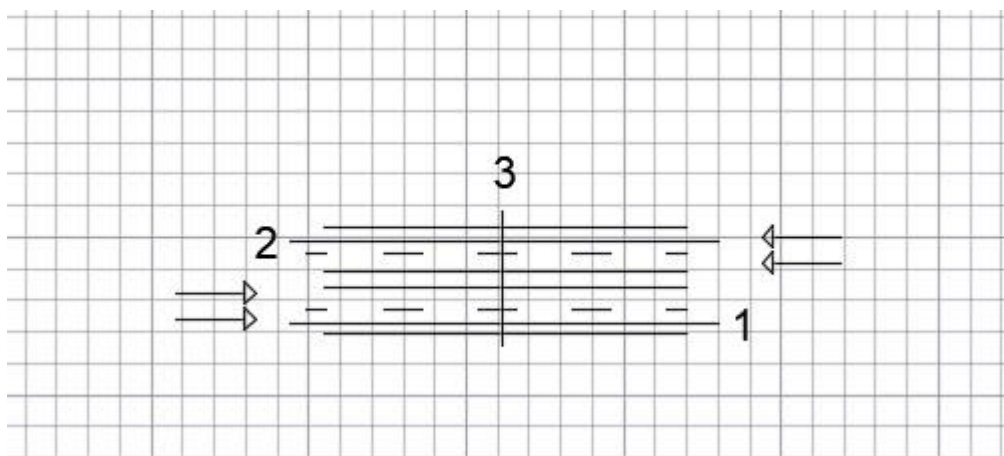
Interseção 15 – Interseção Luminosa



Rua	Movimentos Possíveis
Av. Dr. Lourenço Peixinho	1 (Direção Estação)
	2 (Rua do Eng. Oudinot)
	3 (Direção Pontes)
	4 (Rua do Eng. Oudinot)
	7 (Passadeira)
Rua do Eng. Oudinot	5 (Rua do Eng. Oudinot)
	6 (Direção Estação)
	8 (Direção Pontes)

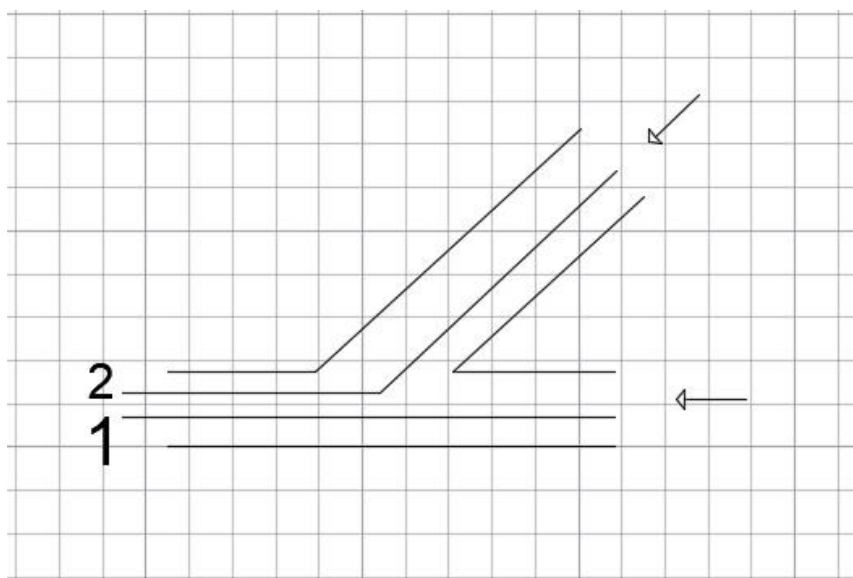
Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	214
2	94
3	416
4	283
5	117
6	39
7	6
8	201

Interseção 16 – Passadeira



Rua	Movimentos Possíveis
Av. Dr. Lourenço Peixinho	1 (Direção Estação)
	2 (Direção Pontes)
	3 (Passadeira)

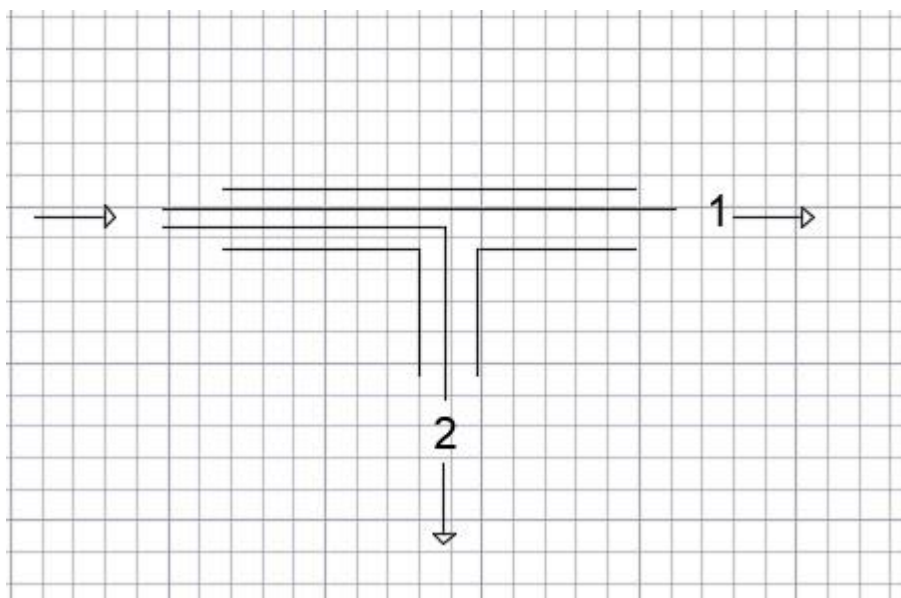
Interseção 17 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Av. Dr. Lourenço Peixinho	1 (Direção Pontes)
Luís Carvalho	2 (Av. Dr. Lourenço Peixinho)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	111
2	527

Interseção 18 – Interseção Prioritária



Rua	Movimentos Possíveis
Av. Dr. Lourenço Peixinho	1 (Direção Estação)
	2 (Rua Comandante Rocha e Cunha)

Movimento	Total veículos 8:30h – 9:30h
1	83
2	55

Anexo B – Calibração do modelo construído

Interseção	Origem	Destino	Observado	Simulado	GEH
1	Av. Jacinto Magalhães UA	Acesso local	12	15	0,816
		Parque Estacionamento	8	8	0,000
		Av. Jacinto Magalhães Hospital	80	87	0,766
	Acesso Local	Av. Jacinto Magalhães UA	52	46	0,857
		Parque Estacionamento	8	10	0,667
		Av. Jacinto Magalhães Hospital	16	13	0,788
	Parque Estacionamento	Av. Jacinto Magalhães UA	8	10	0,667
		Acesso Local	0	0	0,000
		Av. Jacinto Magalhães Hospital	8	1	3,300
	Av. Jacinto Magalhães Hospital	Av. Jacinto Magalhães UA	180	117	5,170
		Acesso local	20	17	0,697
		Parque Estacionamento	204	190	0,997
1A	Av. Jacinto Magalhães UA	Av. Jacinto Magalhães Hospital	104	100	0,396
	Parque Estacionamento		84	76	0,894
2	Av. da Universidade	Rua Calouste Gulbenkian	307	275	1,876
		Av. Jacinto Magalhães	123	127	0,358
		Av. da Universidade	300	298	0,116
		Hospital	21	17	0,918
		Av. Artur Ravara	239	228	0,720
	Hospital	Rua Calouste Gulbenkian	37	39	0,324
		Av. Jacinto Magalhães	5	4	0,471
		Av. da Universidade	30	34	0,707
		Hospital	1	0	1,414
		Av. Artur Ravara	18	16	0,485
		Rua Calouste Gulbenkian	7	6	0,392

	Rua Calouste Gulbenkian	Av. Jacinto Magalhães	123	130	0,622
		Av. da Universidade	217	254	2,411
		Hospital	11	13	0,577
		Av. Artur Ravana	130	117	1,170
	Av. Jacinto Magalhães	Rua Calouste Gulbenkian	64	60	0,508
		Av. Jacinto Magalhães	0	0	0,000
		Av. da Universidade	30	32	0,359
		Hospital	6	6	0,000
		Av. Artur Ravana	88	71	1,907
	Av. Artur Ravana	Rua Calouste Gulbenkian	255	196	3,929
		Av. Jacinto Magalhães	93	63	3,397
		Av. da Universidade	292	230	3,838
		Hospital	5	5	0,000
		Av. Artur Ravana	5	4	0,471
3	Av. Artur Ravana	Av. Araújo	56	46	1,400
		Av. Santa Joana	424	369	2,762
	Av. Santa Joana	Av. Artur Ravana	492	408	3,960
		Av. Araújo	216	167	3,541
	Av. Araújo	Av. Artur Ravana	128	120	0,718
		Av. Santa Joana	56	57	0,133
	Rua Capitão Pizarro	Av. Artur Ravana	72	72	0,000
		Av. Santa Joana	72	54	2,268
		Av. Araújo	148	161	1,046
3A	Av. Artur Ravana	Av. Artur Ravana	650	581	2,781
		Rua Homem Cristo Filho	36	17	3,691
Túnel	Av. Santa Joana	Sé	264	237	1,706
		Túnel	272	232	2,520
	Sé	Av. Santa Joana	384	274	6,064
	Túnel	Joana	324	324	0,000

5	Rua Eça de Queiroz	Av. Santa Joana	64	67	0,371
		Intermédio	52	57	0,677
	Intermédio	Av. Santa Joana	48	50	0,286
		Rua dos Combatentes da Grande Guerra	4	7	1,279
	Av. Santa Joana	Av. Santa Joana	320	228	5,558
		Rua dos Combatentes da Grande Guerra	6	9	1,095
	Rua dos Combatentes da Grande Guerra	Av. Santa Joana	12	8	1,265
6	Av. 5 de Outubro	Av. 5 de Outubro	0	0	0,000
		Rua do Batalhão 10	157	145	0,977
		Av. Santa Joana	90	69	2,355
		Av. 25 de Abril	125	102	2,159
	Rua do Batalhão de Caçadores 10	Av. 5 de Outubro	122	145	1,991
		Rua do Batalhão 10	0	0	0,000
		Av. Santa Joana	167	110	4,843
		Av. 25 de Abril	155	159	0,319
	Av. Santa Joana	Av. 5 de Outubro	68	58	1,260
		Rua do Batalhão 10	137	124	1,138
		Av. Santa Joana	0	0	0,000
		Av. 25 de Abril	127	126	0,089
	Av. 25 de Abril	Av. 5 de Outubro	115	121	0,552
		Rua do Batalhão 10	158	153	0,401
		Av. Santa Joana	61	58	0,389

		Av. 25 de Abril	0	0	0,000
7	Rua Nascimento Leitão	Fórum	52	23	4,736
		Sé	32	27	0,921
	Fórum	Sé	412	387	1,251
	Sé	Fórum	452	411	1,974
8	Batalhão 10 Sé	Fórum	424	347	3,922
		Rua Nascimento Leitão	24	33	1,686
		Cemitério	56	49	0,966
	Batalhão 10 Fórum	Sé	412	364	2,437
		Rua Nascimento Leitão	28	25	0,583
		Cemitério	12	11	0,295
	Rua do Cemitério	Fórum	24	21	0,632
		Sé	32	26	1,114
		Rua Nascimento Leitão	0	0	0,000
	Rua do Batalhão 10	Fórum	56	35	3,113
		Rotunda	456	322	6,794
10	Rua João Mendonça	Rua João Mendonça	0	0	0,000
		Rua do Clube dos Galitos	117	99	1,732
		Rua do Batalhão 10	68	65	0,368
		Av. Dr. Lourenço Peixinho	129	135	0,522
	Rua do Clube dos Galitos	Rua João Mendonça	77	67	1,179
		Rua do Clube dos Galitos	0	0	0,000
		Rua do Batalhão 10	173	148	1,973
		Av. Dr. Lourenço Peixinho	313	258	3,255
	Rua do Batalhão 10	Rua João Mendonça	96	64	3,578
		Rua do Clube dos Galitos	178	126	4,218
		Rua do Batalhão 10	0	0	0,000

		Av. Dr. Lourenço Peixinho	182	124	4,689
	Av. Dr. Lourenço Peixinho	Rua João Mendonça	114	78	3,674
		Rua do Clube dos Galitos	199	187	0,864
		Rua do Batalhão 10	211	191	1,411
		Av. Dr. Lourenço Peixinho	0	0	0,000
11	Av. Dr. Lourenço Peixinho	Rua José Estevão	40	39	0,159
		Rotunda	524	488	1,600
12	Rua Conselheiro Magalhães	Estação	168	131	3,026
		Pontes	144	188	3,415
	Estação	Pontes	388	343	2,354
	Pontes	Estação	576	512	2,744
13	Pontes	Rua Agostinho Pinheiro	184	161	1,751
		Estação	584	479	4,554
	Estação	Rua Agostinho Pinheiro	88	57	3,641
		Pontes	396	343	2,757
14	Pontes	Estação	380	305	4,053
		Rua Silvério da Silva	112	78	3,488
		Rua Dr. Alberto Souto	92	91	0,105
	Estação	Pontes	484	413	3,353
		Rua Silvério da Silva	84	128	4,274
		Rua Dr. Alberto Souto	156	133	1,913
15	Pontes	Estação	228	168	4,264
		Rua do Eng. Oudinot	152	128	2,028
	Estação	Pontes	500	491	0,404
		Rua do Eng. Oudinot	344	320	1,317
	Rua do Eng. Oudinot	Estação	124	109	1,390
		Pontes	224	194	2,075
		Rua do Eng Oudinot	140	107	2,969
Túnel	Pontes	Estação	192	250	3,902

		Túnel	160	133	2,231
18	Av. Dr. Lourenço Peixinho	Estação	56	22	5,444
		Rua Comandante Rocha	136	122	1,233
Rotunda das Pirâmides	Rua do Clube dos Galitos	A25 Gafanha	133	91	3,969
		Antiga Lota	133	116	1,524
		Rua Condessa	150	132	1,516
		Rua do Clube dos Galitos	0	0	0,000
	Rua Condessa Mumadona	A25 Gafanha	100	68	3,491
		Antiga Lota	395	320	3,967
		Rua Condessa	0	0	0,000
		Rua do Clube dos Galitos	127	94	3,139
	A25 Gafanha da Nazaré	A25 Gafanha	0	0	0,000
		Antiga Lota	403	400	0,150
		Rua Condessa	0	0	0,000
		Rua do Clube dos Galitos	248	217	2,033
	A25 Espanha	A25 Gafanha	46	66	2,673
		Antiga Lota	0	0	0,000
		Rua Condessa	275	316	2,385
		Rua do Clube dos Galitos	188	204	1,143
Cruzamento do Pavilhão do Beira Mar	Rotunda	Condessa Mumadona	515	521	0,264
		Rua da Pega	39	39	0,000
	Hospital	Rotunda	622	517	4,400
		Rua dos Santos Mártires	48	23	4,196
	Rua da Pega	Rotunda	13	14	0,272
		Hospital	13	5	2,667
		Rua dos Santos Mártires	12	3	3,286
	Rua dos Santos Mártires	Rotunda	6	6	0,000
		Hospital	31	22	1,748
		Rua da Pega	35	25	1,826
Cruzamento da Homem Cristo	Rua do Clube dos Galitos	Rotunda	416	339	3,963
		Rua do Belém do Pará	78	49	3,639

Anexo C – Calibração e Validação da rede utilizada

Calibração do tempo de percurso

Para a calibração do tempo de percurso em estudo, utilizou-se o tempo de percurso necessário pelo veículo ligeiro.

Observado			
Origem	Distância (m)	Duração (s)	Velocidade média (km/h)
UA	2666,13	477,83	20,09
Estação	2700,9	430,00	22,61

Simulado			
Origem	Distância (m)	Duração (s)	Velocidade média (km/h)
UA	2656,5	490,55	19,50
Estação	2691,15	413,92	23,41

	Duração		Velocidade	
	GEH	%	GEH	%
UA	0,578	2,661	0,133	2,944
Estação	0,783	3,740	0,165	3,510

Validação do tempo de percurso

Observado			
Trajeto	Distância (m)	Duração (s)	Velocidade média (km/h)
UA Pirâmides UA	3509,68	714,00	17,70

Simulado			
Trajeto	Distância (m)	Duração (s)	Velocidade média (km/h)
UA Pirâmides UA	3507,80	734,93	17,18

Trajeto	Duração		Velocidade	
	GEH	%	GEH	%
UA Pirâmides UA	0,778	2,931	0,123	2,900

Anexo D – Tempos de percurso

Veículo ligeiro UA/Estação

Apresenta-se de seguida na Figura 103, os valores relativos às velocidades médias praticadas nos troços, para os diferentes cenários e posterior análise de resultados.

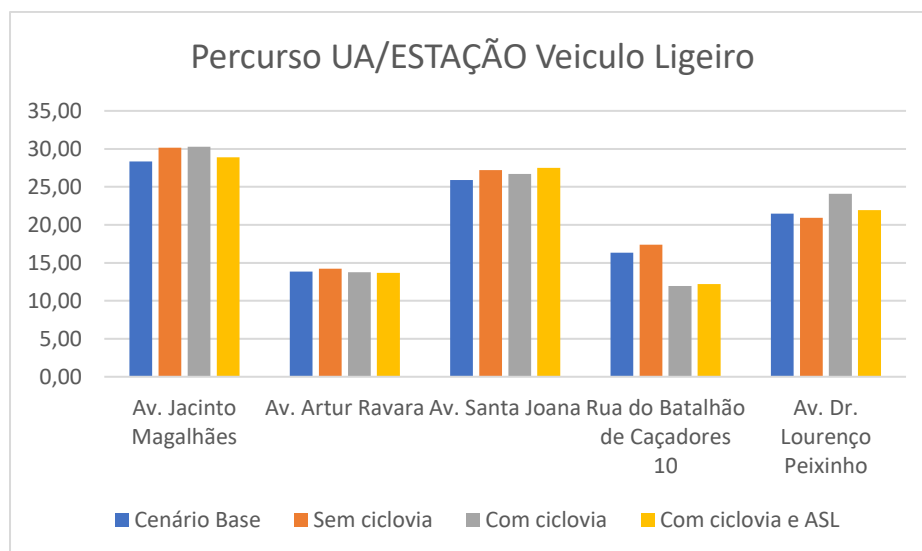


Figura 103- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação para os veículos ligeiros.

Na Av. Jacinto Magalhães os resultados obtidos indicam que o cenário base é aquele que apresenta um menor valor no que respeita à velocidade média, sendo o cenário com ciclovias aquele que permite velocidades médias mais elevadas. Segue-se a Av. Artur Ravana onde os resultados obtidos demonstraram um equilíbrio em todos os cenários, embora o cenário sem ciclovias seja o que apresenta o maior valor de velocidade média.

Na Av. Santa Joana, o cenário base apresenta-se novamente como aquele que obteve menores velocidades médias, e o cenário com ciclovias e ASL aquele em que a velocidade média é a mais elevada.

Os resultados obtidos para a Rua do Batalhão de Caçadores 10 demonstraram que tanto o cenário base como o cenário sem ciclovias foram os que demonstraram maior velocidades médias, uma vez que ambos não apresentam infraestrutura própria para a bicicleta. Por seu lado, os dois cenários com infraestrutura apresentam valores bastante próximos entre si.

A Av. Dr. Lourenço Peixinho no sentido Rotunda das Pontes/Estação, no cenário base não apresenta infraestrutura para bicicletas até à interseção com a Rua Conselheiro Magalhães, sendo que obriga o ciclista a desmontar da bicicleta para poder passar na interseção semaforizada existente no local. Os resultados obtidos para o cenário base e para o cenário sem ciclovias demonstraram que o tráfego misto não beneficiou a duração da viagem, sendo

os dois cenários com o valor mais baixo. Por seu lado, os cenários em que foi implantada uma via ciclável no bordo externo da faixa de rodagem, no caso do cenário com ciclovia, e o acréscimo de uma ASL nas interseções luminosas onde são introduzidas bicicletas, não só não provocou atraso, assim como tiveram maior velocidade média que o cenário base. O cenário com ciclovia apresentou a maior velocidade média, sendo 2,2% mais elevado.

Estação/UA

Apresenta-se de seguida na Figura 104, os valores relativos às velocidades médias praticadas nos troços, para os diferentes cenários e posterior análise de resultados.

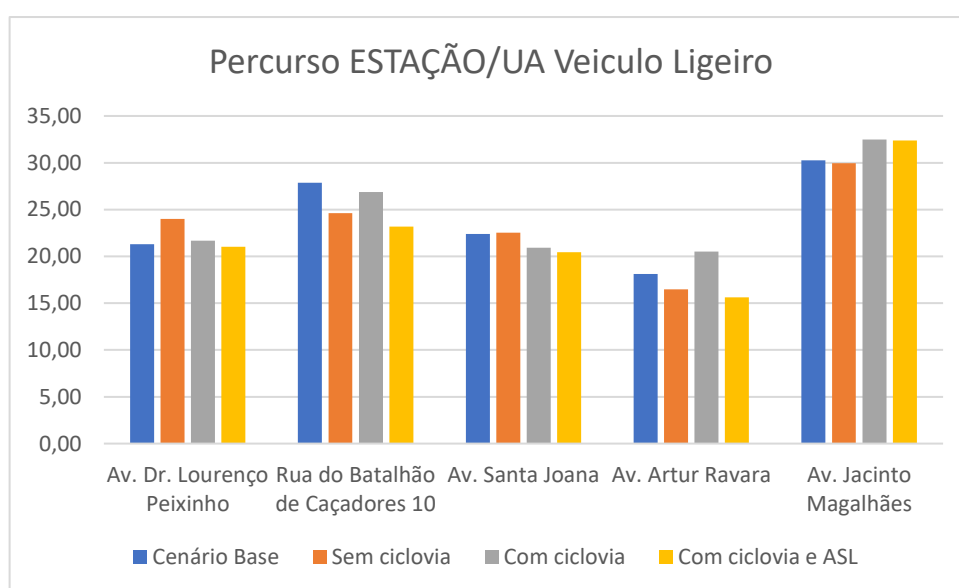


Figura 104- Velocidades médias praticadas no percurso Estação/UA pelos veículos.

O percurso Estação/UA inicia-se na Av. Dr. Lourenço Peixinho. Os resultados obtidos das simulações efetuadas mostram que existe um equilíbrio de valores entre os cenários base, cenário com ciclovia e cenário com ciclovia e ASL. A exceção é feita para o cenário sem ciclovia, uma vez que o mesmo apresenta uma velocidade média superior aos restantes, sendo 12,6% mais veloz quando comparado com o cenário base.

A Rua do Batalhão de Caçadores 10 não dispõe de infraestrutura dedicada para a bicicleta. Nas simulações efetuadas, o cenário base é aquele que apresenta maior velocidade média. Nesta rua salienta-se que a introdução de uma via ciclável diminuiu a velocidade média praticada quando comparada com o cenário base em cerca de 3,6%, ou acrescenta ao tempo de viagem 1,7 segundos. O cenário com ciclovia e ASL obteve a menor velocidade média dos cenários testados, embora não tenha ao longo do seu troço nenhuma interseção

luminosa, o que permite concluir que este resultado foi influenciado pela Av. Dr. Lourenço Peixinho.

Na Av. Santa Joana, os cenários base e o cenário sem ciclovias foram os que apresentaram maiores velocidades médias, sendo este último o que apresenta o maior valor. Embora tanto o cenário base como os cenários com ciclovias e ciclovias com ASL apresentem infraestrutura dedicada à bicicleta, os dois últimos foram os que obtiveram menores valores. Comparativamente ao valor do cenário base, o cenário sem ciclovias foi 0,6% mais veloz; o cenário com ciclovias foi 6,5% mais lento, e o cenário com ciclovias e ASL foi cerca de 8,6% mais lento.

Relativamente à Av. Artur Ravara, o cenário com ciclovias foi o que apresentou maior velocidade média. Comparativamente ao cenário base, o cenário sem ciclovias foi 9,2% mais lento, necessitando de mais 6,6 segundos para efetuar o mesmo percurso; por seu lado, o cenário com ciclovias já anteriormente referido como sendo o mais veloz, teve 13,1% maior velocidade que o cenário base, poupando 7,7 segundos; o cenário que apresentou menor velocidade média foi o cenário com ciclovias e ASL, registando um valor de 13,7% menor velocidade quando comparado com o cenário base, necessitando de mais 10,5 para efetuar o mesmo trajeto.

A Av. Jacinto Magalhães apresenta no cenário base um valor de cerca de 30,27 km/h, necessitando de 63,51 segundos para realizar o trajeto final. Apresentando os resultados comparativamente ao cenário base, o cenário sem ciclovias foi que apresentou menor velocidade média, sendo 1% mais lento, gastando mais 0,7 segundos. Os cenários fornecidos com infraestrutura dedicada para a bicicleta, foram os que apresentaram maior velocidade média neste troço. O cenário com ciclovias foi cerca de 7,4% mais veloz, poupando 4,4 segundos. O cenário com ciclovias e ASL apresentou resultados semelhantes, sendo 7% mais veloz, poupando assim 4,2 ao troço indicado.

Bicicleta UA/Estação

Apresenta-se de seguida, na Figura 105, os valores referentes às velocidades médias praticadas em cada um dos diferentes troços.

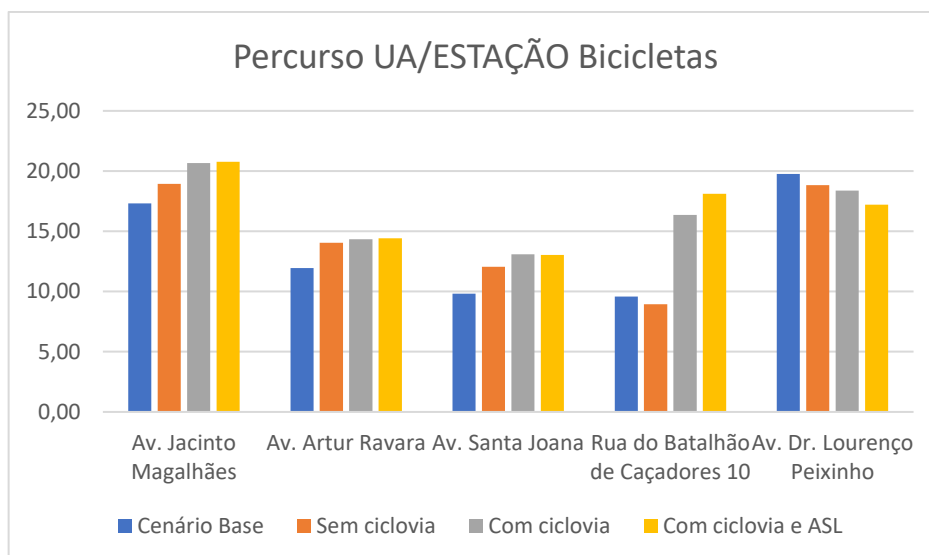


Figura 105- Velocidades médias praticadas em cada troço do percurso UA/Estação para as bicicletas.

Na Figura 105 encontram-se dispostos os valores referentes às velocidades médias praticadas nos diferentes troços do percurso UA/Estação. Na Av. Jacinto Magalhães, o cenário base apresentou a velocidade média mais baixa, com um valor de 17,31 km/h. O cenário sem ciclovias apresentou uma velocidade média de 18,93 km/h, permitindo assim poupar 11,7 segundos face ao cenário base. O cenário com ciclovias foi aquele que para o troço em questão apresentou a maior velocidade média, com um valor de 20,66 km/h, permitindo assim poupar 22,2 segundos. Por último, o cenário com ciclovias e ASL foi aquele que apresentou maior velocidade média, com um valor de 20,76 km/h, poupando assim 22,7 segundos.

A Av. Artur Ravara o cenário base como aquele que apresentou menor velocidade, com um valor de 11,94 km/h. O cenário sem ciclovias apresentou um valor de velocidade média de cerca de 14,06 km/h, permitindo assim a poupança de 12,1 segundos. Por seu lado, o cenário com ciclovias apresentou uma velocidade média de 14,34 km/h, permitindo uma poupança no troço de 13,5 segundos. O cenário com ciclovias e ASL foi aquele que apresentou maior velocidade média, com um valor de 14,43 km/h, permitindo uma poupança de 13,9 segundos.

Na Av. Santa Joana o cenário base apresentou a menor velocidade média, com um valor de 9,83 km/h. O cenário sem ciclovia apresentou uma velocidade média de 12,06 km/h, permitindo uma poupança de 21,4 segundos face ao cenário base. O cenário com ciclovia apresentou o maior valor de velocidade média praticada, com um valor de 13,10 km/h, permitindo uma poupança de 28,8 segundos. O cenário com ciclovia e ASL apresentou um valor de velocidade média idêntico ao cenário com ciclovia, sendo o mesmo de 13,05 km/h, permitindo a poupança de 28,5 segundos face ao cenário base.

Na Rua do Batalhão de Caçadores 10, o cenário base apresentou uma velocidade média de 9,58 km/h. O cenário sem ciclovia, apresentou um valor de velocidade média de 8,95 km/h, gastando assim mais 9,1 segundos. O cenário com ciclovia apresentou uma velocidade média de 16,37 km/h, permitindo uma poupança de 53 segundos. Por seu lado, o cenário com ciclovia e ASL apresentou a velocidade média mais elevada, com um valor de 18,11 km/h, permitindo a poupança face ao cenário base de cerca de 60,2 segundos.

Na Av. Dr. Lourenço Peixinho, o cenário base é de entre os simulados aquele que apresenta o maior valor de velocidade média, sendo o mesmo de 19,76 km/h. O cenário sem ciclovia apresentou uma velocidade média de 18,82 km/h, necessitando assim de mais 9,6 segundos para completar o troço. O cenário com ciclovia apresenta uma velocidade média de 18,37 km/h, necessitando de mais 14,5 segundos para completar o troço. O cenário com ciclovia e ASL apresentou a menor velocidade média, com um valor de 17,20 km/h, necessitando de mais 28,6 segundos face ao cenário base.

Estação/UA

Na Figura 106 encontram-se os valores referentes às velocidades médias praticadas do percurso Estação/UA, em cada um dos diferentes troços.

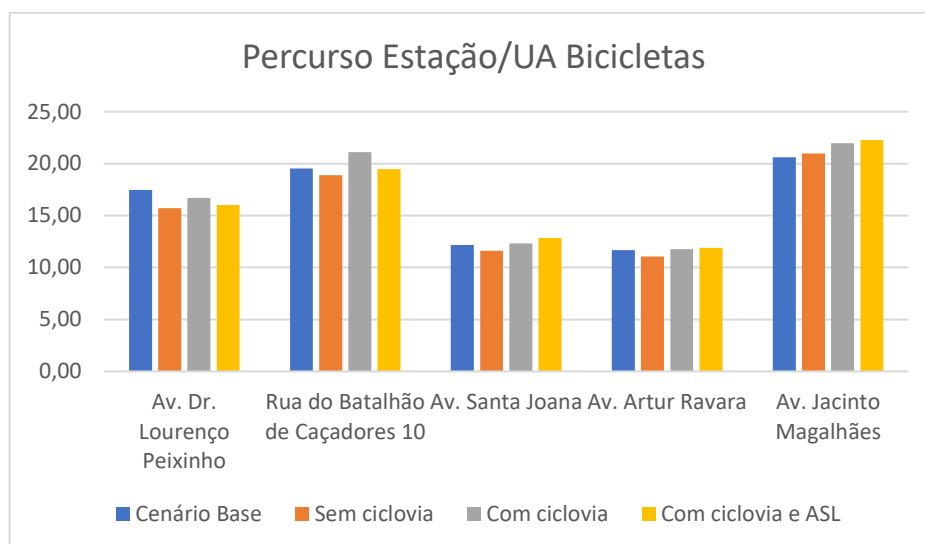


Figura 106- Velocidades médias praticadas no percurso Estação/UA para a bicicleta nos diferentes troços.

Da análise da Figura 106, referente à Av. Dr. Lourenço Peixinho, o cenário base foi aquele que apresentou maior velocidade média, com um valor 17,48 km/h. O cenário sem ciclovias apresentou uma velocidade média de cerca de 15,71 km/h, necessitando assim de mais 24,4 segundos para completar o troço em questão. O cenário com ciclovias apresentou um valor de velocidade média de 16,70 km/h, necessitando de mais 10 segundos para completar a avenida. O cenário com ciclovias e ASL apresenta uma velocidade média de 16,03 km/h, precisando de mais 19,6 segundos face ao cenário base.

Na Rua do Batalhão de Caçadores 10, o cenário base apresenta uma velocidade média de 19,52 km/h. Por seu lado, o cenário sem ciclovias apresenta um valor de velocidade média de 18,87 km/h, precisando de mais 2,3 segundos para percorrer o troço. Já o cenário com ciclovias apresenta o maior valor de velocidade média, com cerca de 21,10 km/h, conseguindo a poupança de 4,9 segundos face ao cenário base. O cenário com ciclovias e ASL obteve uma velocidade média de 19,47 km/h, necessitando de mais 0,2 segundos que o cenário base.

Na Av. Santa Joana, o cenário base obteve uma velocidade média de 12,16 km/h. O cenário sem ciclovias apresentou uma velocidade média de 11,61 km/h, necessitando assim de mais 4,4 segundos. O cenário com ciclovias apresentou uma velocidade média de 12,33 km/h, permitindo a poupança de 1,3 segundos. O cenário com ciclovias e ASL apresentou o valor

mais elevado de velocidade média, com 12,85 Km/h, permitindo uma poupança de 5 segundos face ao cenário base.

Na Av. Artur Ralara o cenário base apresentou uma velocidade média de cerca de 11,68 km/h. Por seu lado, o cenário sem ciclovia apresentou uma velocidade média de 11,05 km/h, necessitando de mais 5,87 segundos. O cenário com ciclovia apresentou o valor de velocidade de 11,77 km/h, permitindo a poupança de 0,7 segundos. O cenário com ciclovia e ASL apresentou a velocidade média mais elevada no troço em questão, sendo a mesma de 11,90 km/h, permitindo a poupança de 1,83 segundos.

Na Av. Jacinto Magalhães, o cenário base apresentou um valor de velocidade média de 20,6 km/h. Por seu lado, o cenário sem ciclovia apresentou um valor de 20,99 km/h, permitindo a poupança de 1,82 segundos. O cenário com ciclovia obteve um valor de velocidade média de 21,96 km/h, permitindo a poupança de 6,07 segundos. O cenário com ciclovia e ASL apresentou uma velocidade média de 22,29 km/h, sendo o valor mais elevado no troço, permitindo assim a poupança de 7,41 segundos.

Veículos pesados

UA/Estação

Encontra-se disposto em seguida, na Figura 107 as velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação referentes aos veículos pesados.

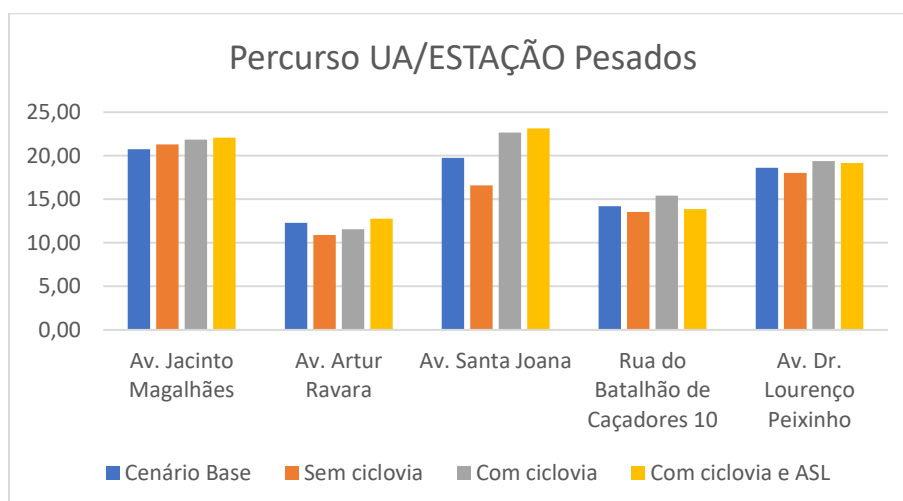


Figura 107- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação pelos veículos pesados.

O trajeto inicia-se na Av. Jacinto Magalhães. O cenário base obteve um valor de velocidade média de cerca de 20,74 km/h, sendo o menor valor dos diferentes cenários simulados.

Comparativamente, o cenário sem ciclovia apresenta uma velocidade média de 21,29 km/h, representando assim um acréscimo de 2,7%. Por seu lado, o cenário com ciclovia obteve uma velocidade média de 21,86 km/h, representando assim um acréscimo de 5,4% face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL apresenta a maior velocidade média com um valor de 22,08 km/h, constituindo um acréscimo de 6,5% face ao cenário base.

Na Av. Artur Ravara, o cenário base obteve uma velocidade média de 12,29 km/h. Por seu lado, o cenário sem ciclovia foi aquele que obteve a velocidade média mais baixa, com um valor de 10,88 km/h, o que representa uma diminuição de 11,5% comparativamente ao cenário base. O cenário com ciclovia apresentou 11,57 km/h, o que representa uma diminuição de 5,9% face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL apresentou a velocidade média mais elevada, com cerca de 12,75 km/h, constituindo assim um acréscimo de 3,7% face ao cenário base.

Na Av. Santa Joana, o cenário base obteve uma velocidade média de 19,77 km/h. O cenário sem ciclovia foi aquele que menor velocidade média apresentou no troço em questão, com um valor de 16,59 km/h, constituindo assim uma diminuição de 16,1% face ao cenário base. O cenário com ciclovia apresentou uma velocidade de 22,67 km/h, o que representa um acréscimo de 14,7% face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL foi de entre os cenários simulados, o que obteve maior velocidade média, com um valor de 23,13 km/h, o que acresce 17% comparativamente ao cenário base.

Na Rua do Batalhão de Caçadores 10, o cenário base obteve uma velocidade média de 14,21 km/h. O cenário sem ciclovia apresentou o valor de velocidade média mais baixa, com cerca de 13,53 km/h, o que representa uma diminuição de 4,8% comparativamente ao cenário base. Por seu lado, o cenário com ciclovia permitiu a obtenção da velocidade média mais elevada, com 15,42 km/h, o que acresce 8,5% face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL obteve uma velocidade média de 13,86 km/h, o que representa uma diminuição de 2,5% face ao cenário base.

Na Av. Dr. Lourenço Peixinho, o cenário base obteve uma velocidade média de 18,60 km/h. Por seu lado, o cenário sem ciclovia obteve a menor velocidade média, registando um valor de 18,04 km/h, o que representa uma diminuição de 3% comparativamente ao cenário base. Já o cenário com ciclovia foi de entre os simulados, aquele que maior velocidade média apresentou, com cerca de 19,39 km/h, o que representa um acréscimo de 4,2% face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL apresentou um valor de velocidade média de

19,16 km/h, o que representa igualmente um acréscimo de 3% comparativamente ao cenário base.

Todos os veículos

UA/Estação

De seguida na Figura 108, apresenta-se os valores referentes às velocidades médias nos troços, para os diferentes cenários e posterior análise de resultados.

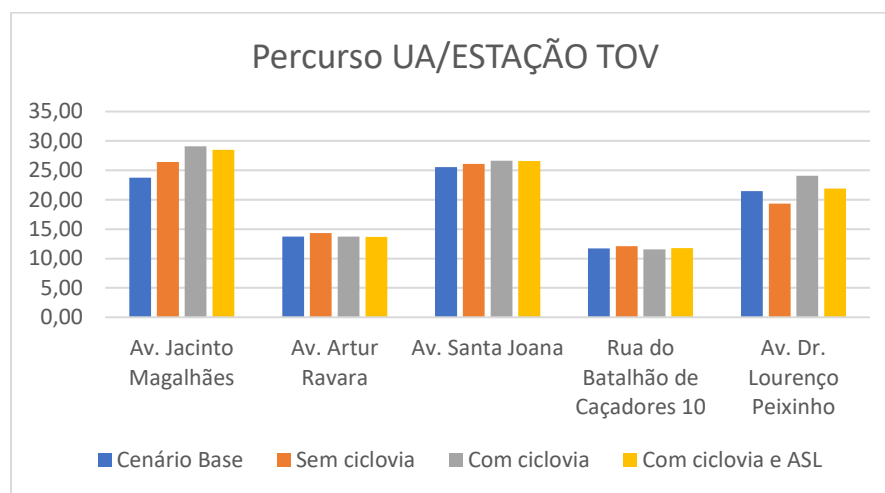


Figura 108- Velocidades médias praticadas no percurso UA/Estação para o conjunto de todos os veículos.

O percurso UA/Estação tem como primeiro troço, a Av. Jacinto Magalhães. O cenário base apresenta um valor de 23,76 Km/h e nas simulações dos diferentes cenários, foi aquele que apresentou um menor valor. O cenário sem ciclovias apresenta cerca de 26,44 km/h, o que representa um acréscimo de 11,2% na velocidade média praticada, poupando 9,5 segundos ao conjunto de todos os veículos. O cenário com ciclovias foi aquele que apresentou maior valor para a velocidade média praticada, representando um acréscimo de 22,5% face ao cenário base, o que permite poupar 17,2 segundos. Por seu lado o cenário com ciclovias e ASL, permitiu ter velocidades maiores quando comparado com o cenário base e o cenário sem ciclovias. Este obteve um valor para a velocidade média praticada de 28,51 Km/h, o que representa um acréscimo de 20%, permitindo poupar 15,7 segundos quando comparado com o cenário base.

O facto de os dois cenários onde foi introduzido uma via ciclável com 1 metro de largura terem tido maiores velocidades médias praticadas, permite concluir que neste troço é

vantajoso a existência de infraestrutura dedicada à bicicleta, uma vez que o tempo de viagem diminuiu e a segurança do ciclista foi salvaguardada.

A Av. Artur Ravara apresenta um equilíbrio entre os resultados obtidos. O cenário base obteve um valor de 13,74 km/h. O cenário sem ciclovia apresenta a maior média velocidade média praticada com o valor de 14,32 km/h, o que representa um acréscimo de 4,2% face ao cenário base, o que permite poupar 2,8 segundos. O cenário com ciclovia obteve o mesmo valor de velocidade média praticada que o cenário base, o que permite dizer que a existência de uma via dedicada aos velocípedes não provoca atraso no conjunto de todos os veículos. O ultimo cenário testado, com ciclovia e ASL, obteve um valor para a velocidade média praticada de 13,68 km/h, o que representa uma perda de 0,4% e um acréscimo no troço de 0,3 segundos.

A Av. Santa Joana apresentou igualmente um equilíbrio nos resultados obtidos. O cenário base teve como valor de velocidade média, cerca de 25,54 km/h, sendo o cenário que menor valor apresenta. No caso do cenário sem ciclovia, a velocidade média foi de 26,11 km/h, o que representa um acréscimo de 2,2%, permitindo assim poupar 1,2 segundos. Os cenários com infraestrutura dedicada à bicicleta foram os que apresentaram melhores valores de velocidade média. O cenário com ciclovia obteve um valor de 26,66 km/h, o que representa um acréscimo de 4,4%, permitindo assim a poupança de 2,2 segundos. Tal como referido anteriormente, o cenário com ciclovia e ASL obteve um valor de 26,59 km/h, o que representa um acréscimo de 4,1%, permitindo a poupança de 2,1 segundos.

A Rua do Batalhão de Caçadores 10 situada entre a rotunda da Sé e a rotunda das pontes, apresentou para os diferentes cenários um equilíbrio no que diz respeito aos valores da velocidade média. No cenário base, a rua não apresenta infraestrutura para a bicicleta, pelo que o tráfego é misto. O cenário base obteve um valor 11,70 km/h. Tal como indiciado anteriormente, o cenário sem ciclovia apresentou um valor semelhante, sendo este de 12,09 km/h, que representa um acréscimo de 3,3%, permitindo a poupança de 3,3 segundos. O cenário com ciclovia apresenta o valor de 11,53 km/h, o que representa uma diminuição de 1,5%, necessitando de mais 1,6 segundos para concluir o troço. O cenário com ciclovia e ASL obteve um valor de 11,75 km/h, que se assemelha ao valor obtido para o cenário base, permitindo um acréscimo de 0,4% no valor da velocidade média e uma poupança de 0,4 segundos.

Face aos resultados anteriormente apresentados, no conjunto de todos os veículos, a presença de uma via ciclável não constituiu um prejuízo ao valor do tempo de viagem nem influenciou as velocidades médias praticadas.

Na Av. Dr. Lourenço Peixinho, o cenário base apresentou um valor de velocidade média praticada de 21,46 km/h. O cenário sem ciclovias apresentou um valor de cerca de 19,32 km/h, o que representa uma diminuição de 10%, necessitando de mais 19,5 segundos para efetuar o mesmo trajeto. O cenário com ciclovias apresentou o maior valor do conjunto de cenários estudados, sendo de 24,07 km/h, permitindo assim um acréscimo de 12,2%, permitindo a poupança de 19,1 segundos. O cenário com ciclovias e ASL, obteve um valor de 21,93 km/h, permitindo um acréscimo de 2,2% na velocidade média praticada e uma poupança de 3,7 segundos.

Estação/UA

Na Figura 109, apresenta os valores da velocidade média em cada um dos diferentes troços constituintes do percurso Estação/UA.

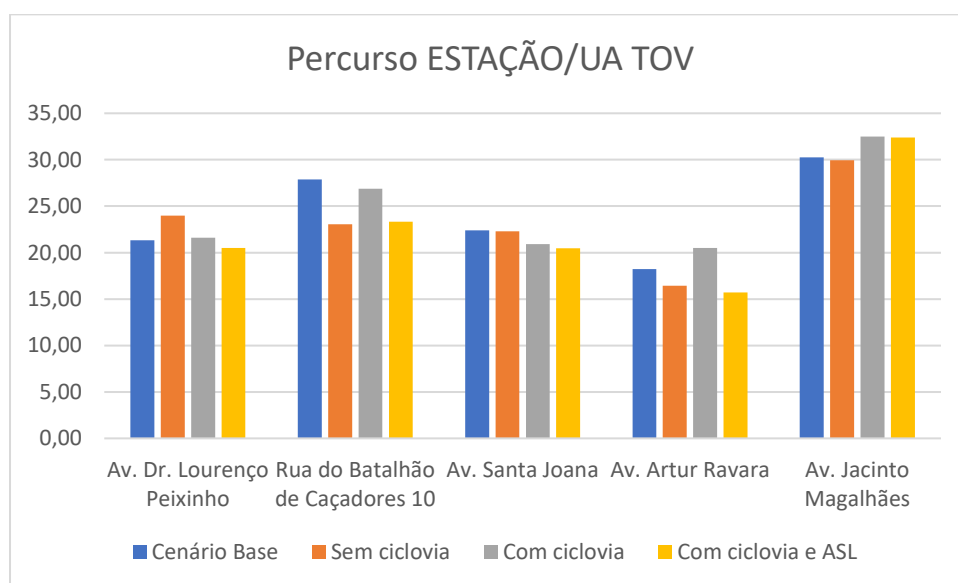


Figura 109- Velocidades médias praticadas no percurso Estação/UA para o conjunto de todos os veículos.

Na Av. Dr. Lourenço Peixinho o cenário base apresenta um valor referente à velocidade média de 21,31 km/h. O cenário sem ciclovias obteve o valor de 23,99 km/h, o que representa um acréscimo de cerca de 12,6% face ao cenário base. Por seu lado, o cenário com ciclovias apresentou a velocidade média de 21,59 km/h, valor bastante próximo do cenário base, permitindo somente um acréscimo de 1,3%. O cenário com ciclovias e ASL

foi o que obteve o menor valor de velocidade média quando comparado com os restantes, tendo um valor de 20,51 km/h, existindo assim uma redução na ordem de 3,8%.

Na Rua do Batalhão de Caçadores 10, o cenário base obteve o valor de 27,86 km/h referente à velocidade média praticada. O cenário sem ciclovia apresenta um valor de velocidade média praticada de 23,04 km/h, permitindo uma diminuição na ordem de 17,3%. O cenário com ciclovia com o valor de 26,87 km/h, quando comparado com o cenário base, teve uma redução de 3,6% na velocidade média praticada. Por fim, o cenário com ciclovia e ASL apresenta um valor para a velocidade média praticada de 23,33 km/h, o que implica uma redução de 16,3% face ao cenário base.

A velocidade média praticada na Av. Santa Joana no cenário base é de 22,38 km/h. O cenário sem ciclovia apresenta uma velocidade média de 22,29 km/h, o que representa uma redução face ao cenário base de 0,4%. No caso do cenário com ciclovia a velocidade média praticada foi de 20,92 km/h, que implica uma redução de 6,5% face ao cenário base. O cenário com ciclovia e ASL foi aquele em que a velocidade média praticada apresentou o menor valor, com cerca de 20,46 km/h, obtendo-se assim uma redução de 8,6% face ao cenário base.

No caso da Av. Artur Ravara, o cenário base obteve um valor de velocidade média na ordem de 18,23 km/h. O cenário sem ciclovia, assim como o cenário com ciclovia e ASL são os dois cenários simulados que apresentam menores valores de velocidade média praticada no troço. Assim, o cenário sem ciclovia com 16,43 km/h, implica uma redução de 9,9% face ao cenário base. Por seu lado, o cenário com ciclovia, no troço em questão apresentou o maior valor, com cerca de 20,50 km/h, permitindo uma melhoria na ordem de 12,5% comparativamente ao cenário base. O ultimo cenário testado neste troço, cenário com ciclovia e ASL, como foi dito anteriormente apresenta o menor valor para a velocidade média com cerca de 15,72 km/h, existindo assim uma redução comparativamente ao cenário base de 13,8%.

O ultimo troço do percurso Estação/UA é a Av. Jacinto Magalhães. O cenário base apresentou um valor para a velocidade média de cerca de 30,27 km/h. Por seu lado, o cenário sem ciclovia apresentou o menor valor dos cenários testados neste troço, com cerca de 29,95 km/h, o que representa uma redução de 1,1% face ao cenário base. O cenário com ciclovia apresenta a maior velocidade média para o conjunto de todos os veículos, tendo um valor de 32,49 km/h, permitindo uma melhoria de 7,3%. Já o cenário com ciclovia e

ASL permitiu a obtenção de um valor de velocidade média de 32,38 km/h, o que representa uma melhoria de 6,9% face ao cenário base.

Anexo E – Tempos de percurso e velocidades médias - Tabelas

Veículos ligeiros

Percurso UA/Estação

			Tempo (s)			
			Distancia (m)	Cenário base	Sem ciclovía	Com ciclovía
Rua	Av. Jacinto Magalhães	619,25	78,71	73,89	73,57	77,19
	Av. Artur Ravara	266,67	69,29	67,48	69,67	70,09
	Av. Santa Joana	378,58	52,66	50,13	51,01	49,54
	Batalhão 10	340,52	75,12	70,53	102,60	100,29
	Av. Dr. Lourenço	1051,48	176,35	180,89	157,24	172,64
Total		2656,50	452,13	442,92	454,09	469,75

Percurso Estação/UA

		Tempo (s)				
		Distancia (m)	Cenário base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Rua	Av. Dr. Lourenço	1145,14	193,41	171,81	190,13	196,01
	Batalhão 10	365,45	47,22	53,45	48,96	56,76
	Av. Santa Joana	314,82	50,64	50,33	54,17	55,40
	Av. Artur Ravara	331,09	65,76	72,35	58,11	76,23
	Av. Jacinto	533,98	63,51	64,19	59,15	59,34
Total		2690,48	420,54	412,13	410,52	443,74

Bicicleta

Percurso UA/Estação

			Tempo (s)			
		Distancia (m)	Cenário base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Rua	Av. Jacinto Magalhães	656,06	136,47	124,78	114,30	113,75
	Av. Artur Ravara	266,67	80,40	68,28	66,93	66,55
	Av. Santa Joana	315,60	115,60	94,17	86,76	87,07
	Batalhão 10	340,52	127,91	136,99	74,89	67,70
	Av. Dr. Lourenço	1051,18	191,47	201,07	206,00	220,03
Total		2630,03	651,85	625,29	548,88	555,10

Percurso Estação/UA

		Tempo (s)				
		Distancia (m)	Cenário base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Rua	Av. Dr. Lourenço	1051,78	216,64	241,07	226,70	236,28
	Batalhão 10	357,46	65,91	68,18	60,98	66,08
	Av. Santa Joana	315,60	93,41	97,83	92,14	88,39
	Av. Artur Ravara	331,09	102,02	107,89	101,29	100,19
	Av. Jacinto	560,77	97,98	96,16	91,91	90,57
Total		2616,7	575,96	611,13	573,02	581,51

Veículos pesados

Percurso UA/Estação

			Tempo (s)			
		Distancia (m)	Cenário base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Rua	Av. Jacinto Magalhães	616,19	106,98	104,18	101,50	100,48
	Av. Artur Ravara	266,67	78,13	88,20	82,99	75,27
	Av. Santa Joana	378,58	68,95	82,13	60,12	58,93
	Batalhão 10	340,52	86,26	90,62	79,52	88,47
	Av. Dr. Lourenço	1007,86	195,10	201,16	187,15	189,40
Total		2609,82	535,42	566,29	511,28	512,55

Percurso Estação/UA

		Tempo (s)				
		Distancia (m)	Cenário base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Rua	Av. Dr. Lourenço	1145,14	221,39	232,66	225,37	227,41
	Batalhão 10	365,07	57,92	60,93	54,52	52,89
	Av. Santa Joana	314,82	75,83	69,53	71,22	70,34
	Av. Artur Ravara	331,09	68,10	79,40	64,77	71,94
	Av. Jacinto	533,51	62,72	63,59	60,58	61,57
Total		2689,63	485,96	506,11	476,46	484,15

Conjunto de todos os veículos

Percurso UA/Estação

			Tempo (s)			
		Distancia (m)	Cenário base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Rua	Av. Jacinto Magalhães	619,25	83,84	84,33	76,61	78,18
	Av. Artur Ravara	266,67	69,87	67,03	69,88	70,17
	Av. Santa Joana	378,58	53,37	52,19	51,13	51,25
	Batalhão 10	340,52	104,74	101,42	106,30	104,35
	Av. Dr. Lourenço	1051,48	176,35	195,89	157,24	172,64
Total		2656,50	488,17	500,86	461,16	476,59

Percurso Estação/UA

		Tempo (s)				
		Distancia (m)	Cenário base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
Rua	Av. Dr. Lourenço	1145,14	193,41	171,81	190,95	201,01
	Batalhão 10	365,45	47,22	57,11	48,97	56,39
	Av. Santa Joana	314,82	50,64	50,85	54,17	55,40
	Av. Artur Ravara	331,09	65,37	72,55	58,14	75,83
	Av. Jacinto	533,98	63,51	64,18	59,16	59,37
Total		2690,48	420,15	416,50	411,39	448,00

Velocidades médias

Veículos ligeiros

Percurso UA/Estação

		Velocidade média (km/h)			
		Cenário base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Rua	Av. Jacinto Magalhães	28,32	30,17	30,30	28,88
	Av. Artur Ravara	13,85	14,23	13,78	13,70
	Av. Santa Joana	25,88	27,19	26,72	27,51
	Batalhão 10	16,32	17,38	11,95	12,22
	Av. Dr. Lourenço	21,46	20,93	24,07	21,93
Total		21,15	21,59	21,06	20,36

Percurso Estação/UA

		Velocidade média (km/h)			
		Cenário base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Rua	Av. Dr. Lourenço	21,31	23,99	21,68	21,03
	Batalhão 10	27,86	24,61	26,87	23,18
	Av. Santa Joana	22,38	22,52	20,92	20,46
	Av. Artur Ravana	18,13	16,47	20,51	15,64
	Av. Jacinto	30,27	29,95	32,50	32,40
Total		23,03	23,50	23,59	21,83

Bicicletas

Percurso UA/Estação

		Velocidade média (km/h)			
		Cenário base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Rua	Av. Jacinto Magalhães	17,31	18,93	20,66	20,76
	Av. Artur Ravara	11,94	14,06	14,34	14,43
	Av. Santa Joana	9,83	12,06	13,10	13,05
	Batalhão 10	9,58	8,95	16,37	18,11
	Av. Dr. Lourenço	19,76	18,82	18,37	17,20
Total		14,52	15,14	17,25	17,06

Percurso Estação/UA

		Velocidade média (km/h)			
		Cenário base	Sem ciclovias	Com ciclovias	Com ciclovias e ASL
Rua	Av. Dr. Lourenço	17,48	15,71	16,70	16,03
	Batalhão 10	19,52	18,87	21,10	19,47
	Av. Santa Joana	12,16	11,61	12,33	12,85
	Av. Artur Ravara	11,68	11,05	11,77	11,90
	Av. Jacinto	20,60	20,99	21,96	22,29
Total		16,36	15,41	16,44	16,20

Veículos pesados

Percurso UA/Estação

		Velocidade média (km/h)			
		Cenário base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Rua	Av. Jacinto Magalhães	20,74	21,29	21,86	22,08
	Av. Artur Ravara	12,29	10,88	11,57	12,75
	Av. Santa Joana	19,77	16,59	22,67	23,13
	Batalhão 10	14,21	13,53	15,42	13,86
	Av. Dr. Lourenço	18,60	18,04	19,39	19,16
Total		17,55	16,59	18,38	18,33

Percurso Estação/UA

		Velocidade média (km/h)			
		Cenário base	Sem ciclovias	Com ciclovias	Com ciclovias e ASL
Rua	Av. Dr. Lourenço	18,62	17,72	18,29	18,13
	Batalhão 10	22,69	21,57	24,11	24,85
	Av. Santa Joana	14,95	16,30	15,91	16,11
	Av. Artur Ravana	17,50	15,01	18,40	16,57
	Av. Jacinto	30,62	30,20	31,70	31,19
Total		19,92	19,13	20,32	20,00

Conjunto de todos os veículos

Percurso UA/Estação

		Velocidade média (km/h)			
		Cenário base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Rua	Av. Jacinto Magalhães	23,76	26,44	29,10	28,51
	Av. Artur Ravara	13,74	14,32	13,74	13,68
	Av. Santa Joana	25,54	26,11	26,66	26,59
	Batalhão 10	11,70	12,09	11,53	11,75
	Av. Dr. Lourenço	21,46	19,32	24,07	21,93
Total		19,20	19,09	20,74	20,07

Percurso Estação/UA

		Velocidade média (km/h)			
		Cenário base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
Rua	Av. Dr. Lourenço	21,31	23,99	21,59	20,51
	Batalhão 10	27,86	23,09	26,87	23,33
	Av. Santa Joana	22,38	22,29	20,92	20,46
	Av. Artur Ralara	18,23	16,43	20,50	15,72
	Av. Jacinto	30,27	29,95	32,49	32,38
Total		23,05	23,26	23,54	21,62

Anexo F – Níveis de serviço nas interseções

Nível de serviço dos veículos ligeiros

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	A	A	A	A
1A	A	A	A	A
2	E	E	E	E
3	D	D	D	D
3A	A	A	A	A
4	A	A	A	A
5	A	A	A	A
6	A	A	A	A
7	A	A	A	A
8	A	A	A	A
9	D	D	C	C
10	E	E	D	E
11	A	A	A	A
12	B	B	B	B
13	A	A	A	A
14	C	B	B	B
15	C	C	C	C
17	A	A	A	A
18	A	A	A	A

Nível de serviço para a bicicleta

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	A	A	A	A
1A	A	A	A	A
2	B	E	A	A
3	D	D	C	D
3A	A	A	A	A
4	A	A	A	A
5	A	A	A	A
6	A	A	A	A
7	A	A	A	A
8	A	C	A	A
9	A	E	A	A
10	C	A	A	A
11	A	A	A	A
12	A	A	A	A
13	A	A	A	A
14	B	B	B	C
15	B	C	B	C
17	A	A	A	A
18	A	A	A	A

Nível de serviço para os veículos pesados

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	A	A	A	A
1A	A	A	A	A
2	D	E	D	D
3	D	D	D	D
3A	A	A	A	A
4	A	A	A	A
5	A	A	A	A
6	A	A	A	A
7	A	C	A	A
8	A	C	A	A
9	A	E	A	C
10	C	E	C	C
11	A	A	A	A
12	C	B	C	C
13	A	A	A	A
14	C	A	C	C
15	C	C	C	C
17	A	A	A	A
18	A	A	A	A

Nível de serviço para o conjunto de todos os veículos

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	A	A	A	A
1A	A	A	A	A
2	E	E	E	E
3	D	D	D	D
3A	A	A	A	A
4	A	A	A	A
5	A	A	A	A
6	A	A	A	A
7	A	A	A	A
8	A	A	A	A
9	C	D	C	C
10	E	D	D	E
11	A	A	A	A
12	B	B	B	B
13	A	A	A	A
14	C	B	B	B
15	C	C	C	C
17	A	A	A	A
18	A	A	A	A

Anexo G – Número de paragens médio

Número de paragens para os veículos ligeiros

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	0,03	0,04	0,01	0,02
1A	0,01	0,00	0,01	0,01
2	3,71	3,55	3,40	3,43
3	0,91	0,88	0,92	0,97
3A	0,00	0,01	0,02	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,01	0,01	0,04	0,02
6	0,49	0,52	0,47	0,46
7	0,02	0,14	0,21	0,19
8	0,03	0,29	0,57	0,30
9	2,65	3,29	1,62	1,22
10	3,28	3,60	3,27	3,86
11	0,10	0,10	0,15	0,38
12	0,41	0,42	0,44	0,46
13	0,20	0,33	0,20	0,20
14	0,60	0,52	0,53	0,54
15	0,81	0,86	0,82	0,80
17	0,09	0,08	0,08	0,08
18	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	13,35	14,64	12,76	12,94

Número de paragens para a bicicleta

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	0,00	0,00	0,00	0,00
1A	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,67	2,40	0,63	0,30
3	0,80	1,00	0,75	0,96
3A	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,10	0,09
7	0,00	0,00	0,13	0,08
8	0,00	2,00	0,00	0,00
9	0,00	2,00	0,00	0,00
10	1,00	0,75	0,22	0,39
11	0,00	1,00	0,00	0,00
12	0,17	0,00	0,89	1,52
13	0,24	0,20	0,31	0,36
14	0,58	0,60	0,40	0,58
15	0,44	0,50	0,88	0,86
17	0,11	0,00	0,05	0,05
18	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	5,01	10,45	4,36	5,19

Número de paragens para os veículos pesados

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	0,00	0,00	0,00	0,00
1A	0,25	0,00	0,00	0,00
2	2,54	3,33	2,36	1,57
3	1,00	0,83	0,82	0,95
3A	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,18	0,00
6	0,68	0,50	0,16	0,47
7	0,04	1,00	0,00	0,03
8	0,14	2,00	0,00	0,10
9	0,68	2,40	0,35	1,04
10	1,63	2,50	1,53	1,30
11	0,33	0,20	0,25	0,27
12	0,69	0,55	0,77	0,72
13	0,21	0,15	0,15	0,27
14	0,65	0,35	0,69	0,51
15	0,66	0,80	0,88	0,85
17	0,10	0,00	0,20	0,08
18	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	9,60	14,61	8,34	8,16

Número de paragens para o conjunto de todos os veículos

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovia	Com ciclovia	Com ciclovia e ASL
1	0,03	0,04	0,01	0,02
1A	0,01	0,00	0,01	0,01
2	3,70	3,53	3,36	3,39
3	0,91	0,87	0,92	0,97
3A	0,00	0,01	0,02	0,00
4	0,00	0,00	0,01	0,01
5	0,01	0,01	0,05	0,02
6	0,49	0,50	0,47	0,46
7	0,02	0,13	0,20	0,17
8	0,03	0,28	0,56	0,30
9	2,61	3,27	1,54	1,18
10	3,24	3,53	3,18	3,75
11	0,10	0,09	0,14	0,37
12	0,41	0,43	0,47	0,51
13	0,20	0,30	0,20	0,19
14	0,60	0,51	0,53	0,54
15	0,81	0,85	0,81	0,80
17	0,09	0,07	0,09	0,08
18	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	13,26	14,42	12,57	12,77

Anexo H – Atraso médio na paragem

Atraso médio na paragem dos veículos ligeiros, em segundos.

Interseção	Cenário base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	0,09	0,06	0,03	0,04
1A	0,00	0,00	0,02	0,03
2	12,68	13,46	11,53	12,14
3	35,39	34,32	34,76	37,16
3A	0,00	0,01	0,04	0,01
4	0,01	0,01	0,01	0,01
5	0,03	0,04	0,16	0,09
6	1,83	1,27	1,23	1,58
7	0,13	0,53	1,11	1,48
8	0,15	1,02	4,78	3,25
9	5,43	7,02	6,55	8,41
10	10,37	9,59	10,95	12,58
11	0,26	0,27	0,89	1,56
12	7,51	7,14	7,63	8,06
13	3,51	5,80	4,61	4,48
14	15,68	12,17	12,92	13,96
15	22,22	24,93	23,17	23,28
17	0,30	0,23	0,23	0,28
18	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	115,59	117,87	120,62	128,40

Atraso médio na paragem do conjunto de todos os veículos, em segundos.

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	0,08	0,06	0,03	0,04
1A	0,00	0,00	0,02	0,03
2	12,76	13,66	11,42	12,08
3	35,23	33,88	34,43	36,75
3A	0,00	0,01	0,04	0,00
4	0,01	0,01	0,01	0,02
5	0,03	0,05	0,16	0,10
6	1,83	1,24	1,19	1,62
7	0,13	0,08	1,06	1,37
8	0,15	0,97	4,57	3,32
9	5,34	7,93	6,26	7,95
10	10,25	9,43	10,29	12,09
11	0,24	0,25	0,82	1,48
12	7,50	7,57	8,41	9,16
13	3,47	5,44	4,39	4,25
14	15,74	11,95	13,21	14,03
15	21,98	24,72	22,99	23,02
17	0,31	0,22	0,23	0,27
18	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	115,05	116,77	119,93	127,58

Anexo I – Atraso teórico dos veículos

Atraso teórico dos veículos ligeiros, em segundos.

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	0,51	0,63	0,45	0,53
1A	0,83	0,67	0,56	0,60
2	41,12	40,24	37,60	36,63
3	42,98	41,80	42,56	45,31
3A	0,09	0,10	0,20	0,14
4	0,10	0,21	0,09	0,11
5	0,36	0,42	0,59	0,45
6	7,40	7,92	6,54	6,84
7	0,53	1,98	2,76	2,92
8	1,07	4,05	9,15	6,28
9	25,02	33,12	19,17	18,36
10	35,50	35,15	34,90	48,75
11	0,97	0,61	1,61	3,83
12	11,39	10,97	11,43	11,86
13	5,30	8,76	6,38	6,17
14	20,66	16,46	17,09	18,28
15	29,68	32,65	30,39	30,30
17	1,63	1,66	1,22	1,30
18	-0,07	0,63	-0,09	-0,15
Total	225,07	238,03	222,60	238,51

Atraso teórico do conjunto de todos os veículos, em segundos.

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovía	Com ciclovía	Com ciclovía e ASL
1	0,45	0,55	0,43	0,51
1A	0,79	0,64	0,54	0,59
2	41,02	40,22	37,20	38,65
3	42,79	41,27	42,21	44,84
3A	0,09	0,10	0,25	0,14
4	0,10	0,21	0,14	0,14
5	0,39	0,45	0,64	0,53
6	7,40	7,84	6,42	6,86
7	0,52	1,88	2,67	2,72
8	1,05	3,89	8,90	6,31
9	24,76	33,46	18,44	17,61
10	35,14	34,60	33,89	47,39
11	1,01	0,59	1,55	3,71
12	11,39	11,50	12,23	13,02
13	5,21	8,22	6,12	5,90
14	20,67	16,09	17,37	18,33
15	29,30	32,30	30,07	29,92
17	1,63	1,60	1,21	1,29
18	-0,07	0,55	0,03	-0,08
Total	223,64	235,96	220,31	238,36

Anexo J – Comprimento da fila de espera

Comprimento da fila de espera, em metros.

Interseção	Cenário Base	Sem ciclovias	Com ciclovias	Com ciclovias e ASL
1	19,42	23,59	21,84	8,91
1A	13,54	13,50	5,66	6,24
2	381,45	381,44	381,45	381,45
3	107,06	106,74	88,31	107,40
3A	39,90	42,51	29,87	8,39
4	49,74	49,01	35,12	25,29
5	77,51	82,73	24,48	81,62
6	101,57	152,09	97,74	104,46
7	190,86	165,04	56,88	167,53
8	69,90	69,74	72,15	122,41
9	139,78	142,33	158,92	153,49
10	132,54	132,48	132,50	132,53
11	118,31	118,23	41,52	103,18
12	147,02	146,32	60,39	62,76
13	190,49	193,57	59,88	82,69
14	130,91	133,78	123,11	103,74
15	344,41	340,45	102,64	96,69
17	18,98	18,44	19,55	25,72
18	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	2273,39	2311,99	1512,01	1779,78